

METODOLOGIAS DE REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES DE ÁGUA EM SISTEMAS DE REDUZIDA DIMENSÃO

JOÃO PEDRO DE SOUSA MIRANDA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA

Orientador: Professor Doutor Joaquim Veloso Poças Martins

Coorientador: Professor Doutor José Carlos Tentúgal Valente

JUNHO DE 2018

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2017/2018

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2017/2018 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2018.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Ao meu Avô

*Aqueles que passam por nós,
Não vão sós,
Não nos deixam sós,
Deixam um pouco de si,
E levam um pouco de nós.*

Antoine de Saint-Exupéry

AGRADECIMENTOS

Para a conclusão deste importante ciclo da minha vida e elaboração desta dissertação, que resultou de muitas horas de trabalhos, de dedicação e persistência, contribuíram várias pessoas às quais gostaria de agradecer. Este espaço é dedicado a elas.

À minha Família, por todo o apoio, confiança, compreensão e incentivo que demonstraram ao longo do meu percurso académico, e no caminho que me levou até ele. Um agradecimento especial ao meu avô que apesar de não ter assistido à conclusão dos meus estudos, sempre sonhou ver esse momento, tendo servido como exemplo de empenho e dedicação. Um agradecimento especial também à minha Mãe por todo o sacrifício feito ao longo da vida, que me permitiu chegar aqui.

Ao Professor Doutor Joaquim Poças Martins, pelo desafio proposto, pela sabedoria transmitida e flexibilidade com as minhas escolhas durante a realização do trabalho. Agradeço, ainda, a oportunidade da realização da dissertação em ambiente empresarial.

Ao Professor Doutor José Tentúgal Valente, por todo o apoio, pelas orientações, pelo conhecimento e pela permanente disponibilidade demonstrada. Sem a sua ajuda a realização deste trabalho não seria possível.

À empresa Águas do Norte, S.A., pela disponibilização dos elementos técnicos e operacionais colocados à minha disposição e de um modo muito especial ao Eng.º Guilherme Santos e a Eng.ª Ana Vieira por todo o apoio.

Ao Mestre Eng.º Jorge Cardoso Gonçalves pelo constante apoio e motivação.

À Professora Doutora Elsa Carvalho e à Dona Esmeralda, que sem obrigação nenhuma, sempre me apoiaram e sempre se mostraram disponíveis para me ajudar.

Ao meu melhor amigo, Vitor Carvalho, que partilhou comigo todos os momentos bons e maus ao longo deste percurso e sempre me apoiou incondicionalmente.

Ao Amílcar e ao Miguel Almeida pela amizade sincera e pelos vários momentos de alegria e boa disposição que me proporcionaram.

Ao Tiago e Jonathan por todas as experiências, aventuras, viagens, ajuda e apoio que recebi ao longo de todos os anos que partilhamos a casa.

Ao Zé, Tomé, Carneiro e Rocha pelo bom ambiente proporcionado, por toda companhia nas longas horas de estudo, pela amizade e paciência.

A Todos o meu eterno Obrigado!

RESUMO

Num sistema de abastecimento de água, uma grande parte da água é perdida. As perdas de água são uma das principais fontes de ineficiência das entidades gestoras e dividem-se em perdas reais e aparentes. As últimas são especialmente atrativas pois, além de gerarem um retorno financeiro rápido, são valorizadas a um preço superior às perdas reais.

A presente dissertação tem como objetivo principal o desenvolvimento de metodologias de redução de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água de reduzida dimensão. Através de dados disponibilizados pela empresa Águas do Norte, S.A., é estudada uma área pertencente ao Sistema de Abastecimento de Água do Município de Arouca.

Numa primeira etapa, pretende-se elaborar e definir um conjunto de procedimentos ordenados sequencialmente, que visem detetar possíveis perdas aparentes, seja por via do consumo ilícito ou por envelhecimento do parque de contadores e, consequentemente, reduzir as mesmas.

De seguida, procede-se a uma análise prática dos resultados obtidos com a substituição de um conjunto de contadores, que comprova claramente os efeitos positivos da metodologia enunciada no aumento da água faturada e redução do nível de perdas aparentes.

A grande vantagem da metodologia é a simplificação de processos associados ao combate às perdas aparentes, permitindo à entidade gestora a redução de custos, rentabilizando os seus recursos e, aumentando o seu nível de eficiência.

É ainda abordado o tema da telegestão, que apesar de ainda não ser uma realidade no presente caso de estudo, confere um conjunto de vantagens à entidade gestora a nível de gestão, mas principalmente no apoio ao combate à problemática estudada neste trabalho, as perdas aparentes.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas aparentes, água não faturada, metodologia, consumos ilícitos, erros de medição, telegestão

ABSTRACT

In a water supply system, a large amount of the water is lost. Water losses are one of the main sources of the inefficiency of a management entities and are divided into real and apparent losses. The latter is especially attractive because, in addition to generating quick financial returns, these losses are valued at a price higher than real losses.

The main objective of this dissertation is the development of methodologies to reduce apparent losses in small water supply systems. Through data provided by the company Águas do Norte, S.A., is studied an area belonging to the Municipal System of Arouca.

In the first stage, it is intended to elaborate and define a set of procedures sequentially ordered, to detect possible apparent losses (either by illicit consumption or by the aging of the water meters set) and, consequently, to reduce them.

After that, a practical analysis of the results obtained with the replacement of a water meter set is carried out. The positive effects of the methodology stated in the increase of billed water and a reduction in the level of apparent losses are clearly proved.

The main advantage of the methodology is the simplification of processes associated with combating apparent losses, allowing the management entity to reduce costs, making its resources profitable and increasing its level of efficiency.

It is also approached the topic of telemanagement, which although it is not yet a reality in the present case study, confers a set of advantages to the management entity at management level. One of the main advantages refers to the support for the problem studied in this work, the reduction of apparent losses.

KEYWORDS: Apparent losses, unbilled water, methodology, illicit consumption, measurement errors, telemanagement

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT.....	V
1.INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA E OBJETIVOS	1
1.2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
2. ESTADO DA ARTE.....	5
2.1. ENQUADRAMENTO	5
2.2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR DE ABASTECIMENTO DA ÁGUA	6
2.2.1. HISTÓRIA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PORTUGAL.....	6
2.2.2. ESTADO DO SETOR DAS ÁGUAS EM PORTUGAL	9
2.2.3. SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA E SOCIAL DO SETOR.....	10
2.2.4. FUTURO DA ÁGUA	11
2.3. CARATERIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO	13
2.3.1. MODELOS DE GESTÃO	14
2.3.2. COMPONENTE EM “ALTA” E EM “BAIXA”	17
2.3.3. MONOPÓLIO NATURAL	17
2.3.4. INTERVENÇÃO DO SETOR PRIVADO	18
2.4. ÁGUA NÃO FATURADA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO.....	19
2.4.1. PERDAS REAIS	19
2.4.2. MEDIDA DE CONTROLO DE PERDAS REAIS	20
2.4.3. BALANÇO HÍDRICO	22
2.4.4. NÍVEL ECONÓMICO DE PERDAS.....	24
2.5. CONCEITO DE PERDAS APARENTES.....	25
2.5.1. INDICADORES DE DESEMPENHO.....	26
2.5.2. FATORES QUE CONSTITUEM AS PERDAS APARENTES.....	26
2.5.3. ERROS DE MEDIÇÃO	27
2.5.4. ERROS HUMANOS E INFORMÁTICOS	28
2.5.5. CONSUMO NÃO AUTORIZADO.....	29
2.5.6. COMBATE ÀS PERDAS APARENTES.....	31
2.6. TELEMETRIA	34
2.6.1. CONSTITUIÇÃO DE UM SISTEMA DE TELEMETRIA.....	35
2.6.2. POTENCIALIDADES DOS STD	36

3.CASO DE ESTUDO	39
3.1. ENQUADRAMENTO	39
3.2. ÁGUAS DO NORTE, S.A.....	39
3.2.1. DESCRIÇÃO, ATIVIDADE E PRESENÇA	39
3.2.2. MISSÃO, VISÃO E ORIENTAÇÃO ESTRATÉGIA	41
3.3. SISTEMA MUNICIPAL DE AROUCA.....	42
3.4. ZMC CIMO DA INHA	46
4.METODOLOGIA A APLICAR	49
4.1. ENQUADRAMENTO	49
4.2. DESCRIÇÃO GERAL	49
4.3. COMPILAÇÃO DA INFORMAÇÃO EXISTENTE	51
4.3.1. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)	51
4.3.2. QGIS.....	53
4.4. DEFINIÇÃO DAS ZONAS DE MEDIÇÃO E CONTROLO (ZMC)	55
4.4.1. ÁREA E DENSIDADE GEOGRÁFICA DOS CONSUMIDORES	56
4.4.2. VANTAGENS.....	57
4.5. CAPACITAÇÃO DA REDE	58
4.5.1. MEDIDORES DE CAUDAIS.....	58
4.5.2. "DATALOGGER"S	60
4.5.3. VÁLVULAS DE SECCIONAMENTO.....	61
4.5.4. VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO	62
4.6. MONITORIZAÇÃO DOS CONSUMOS	63
4.6.1. MONITORIZAÇÃO DE UM GRANDE CONSUMIDOR	65
4.7. INVESTIR EM NOVAS TECNOLOGIAS	66
4.7.1. TELEMETRIA E TELEGESTÃO	66
4.7.2. SMART WATER	68
5.RESULTADOS	73
5.1. ENQUADRAMENTO	73
5.2. DADOS FORNECIDOS PELA ENTIDADE GESTORA	73
5.2.1. TIPO DE LEITURA	73
5.2.2. PERÍODO ABRANGIDO PELAS LEITURAS	74
5.3. PROCESSAMENTO DE DADOS	74
5.3.1. ANÁLISE DESCRITIVA	74
5.3.2. DETEÇÃO E ELIMINAÇÃO DE DADOS ANÓMALOS.....	76

5.3.3. NORMALIZAÇÃO DE DADOS	76
5.4. RESULTADOS	81
5.4.1. BALANÇO HÍDRICO.....	81
5.4.2. EVOLUÇÃO DA ÁGUA FATURADA	94
5.4.3. ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO.....	95
6. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	99
6.1. CONCLUSÕES	99
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
Anexos	105
ANEXO A: CONSUMOS MÍNIMOS NOTURNOS.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1- Distribuição das diversas fontes de água (Epal, 2015)	5
Figura 2.2- Número de óbitos relacionados com água/higiene (Pato, 2016).....	7
Figura 2.3- Percentagem da população servida com sistema de abastecimento de água (Pato, 2016)	8
Figura 2.4- Percentagem da população servida com sistemas de drenagem de águas residuais (Pato, 2016)	8
Figura 2.5- Acessibilidade física dos serviços de AA em Portugal. Fonte: ERSAR.....	9
Figura 2.6- Acessibilidade física de SAR em Portugal. Fonte: ERSAR	9
Figura 2.7- Evolução da percentagem de água controlada e de boa qualidade entre 1993 e 2015. Fonte: (ERSAR, 2018).....	10
Figura 2.8- Evolução Pilares da sustentabilidade do setor da água (PEAASAR II, 2007).....	11
Figura 2.9- Evolução do “stress” hídrico por bacia hidrográfica (OECD, 2012).....	12
Figura 2.10- Previsão das fontes de consumo de água em Israel (OECD, 2012)	13
Figura 2.11 – Esquema de um Sistema Público de Abastecimento de Água (Alegre, Wolfram, Baptista, & Parena, 2004)	14
Figura 2.12 – Distribuição geográfica das EG dos SAA (RASARP, 2017)	16
Figura 2.13- Participação dos privados no setor da água Adaptado: (RASARP, 2017)	18
Figura 2.14- Perdas reais de água em sistemas de distribuição	20
Figura 2.15- Metodologia de redução de perdas reais Adaptado:(Lambert, 2003)	21
Figura 2.16- Componentes do balanço hídrico (Alegre, 2005)	23
Figura 2.17- Abordagens <i>Top-Down</i> e <i>Bottom-Up</i> (Epal, 2015).....	24
Figura 2.18- Nível Económico de Perdas (Farley et al., 2008)	25
Figura 2.19- Componentes das perdas aparentes (Teixeira, 2014)	26
Figura 2.20- Esquema da instalação do contador (Malheiro, 2011)	27
Figura 2.21 – Curva de erro de um contador (Yaniv, n.d.)	28
Figura 2.22 – Contador violado com furo na cúpula (L. Pereira, 2007)	30
Figura 2.23 – Representação esquemática de uma ligação do tipo “ <i>bypass</i> ” (Lédo, 1999).....	30
Figura 2.24 – Representação esquemática de uma ligação direta (Lédo, 1999)	31
Figura 2.25 – Estratégia de combate às perdas aparentes (Rizzo, 2006).....	32
Figura 2.26 – Funcionamento do UFR (Yaniv, n.d.)	33
Figura 2.27 – Evolução dos sistemas de telemedição (Pacheco, 2010)	34
Figura 2.28 (1) – Contador e emissor de impulsos (2) – Concentrador (3) – Sistema <i>Drive-by</i> (4) – Descarga dos dados na EG (5) – EG (Malheiro, 2011).....	35
Figura 3.1 – Organograma da Águas do Norte, S.A. (Águas do Norte, 2017).	39

Figura 3.2 – Área e Municípios abrangidos pelo Sistema Multimunicipal do Norte de Portugal (Águas do Norte, 2017).....	40
Figura 3.3 – Área e Municípios abrangidos pelo Sistema de Águas da Região Noroeste (Águas do Norte, 2017)	41
Figura 3.4 – A visão da Águas do Norte, S.A. (Águas do Norte, 2017)	42
Figura 3.5 – Mapa do Sistema de Abastecimento da Região do Noroeste	43
Figura 3.6 – Síntese de dados relativos ao SAA-Arouca (Cardoso-Gonçalves & Tentugal-Valente, 2017)	45
Figura 3.7 – Síntese de dados relativos ao SAA-Arouca (Cardoso-Gonçalves & Tentugal-Valente, 2017).....	46
Figura 3.8 – Reservatório de Cimo da Inha	47
Figura 3.9 – Distribuição da idade do parque de contadores (a) em 2016 (b) em 2017 (c) no 1º trimestre de 2018	48
Figura 4.1 – Organograma da metodologia aplicada	50
Figura 4.2 – Interfaces de um SIG (Epal, 2015)	51
Figura 4.3 – Mapa do concelho de Arouca com a georreferenciação da rede de distribuição e consumidores	52
Figura 4.4 – Interface do “software” QGIS.....	53
Figura 4.5 – Identificação da localização dos consumidores zero na ZMC em estudo	55
Figura 4.6 – Representação esquemática de duas ZMC (Epal, 2015).....	56
Figura 4.7 – Definição da ZMC em estudo e respetiva rede de distribuição	57
Figura 4.8 – Medidor de caudal eletromagnético instalado no reservatório do caso de estudo	59
Figura 4.9 – Representação esquemática de um medidor de caudal eletromagnético (Epal, 2015).....	59
Figura 4.10 – <i>Dataloggers</i>	60
Figura 4.11 – Leitura diária do reservatório do caso de estudo.....	61
Figura 4.12 – Válvulas de cunha elástica de canhões lisos e flangeada	62
Figura 4.13 – Perda de carga hidráulica provocada por uma VRP	62
Figura 4.14 – Elementos constituintes de uma VRP	63
Figura 4.15 – Variação do volume diário de um grande consumidor	65
Figura 4.16 – Interface de uma plataforma de telegestão (Epal, n.d.).....	68
Figura 4.17 – Integração de sectores incorporados numa “Smart City” (www.waterworld.com)	69
Figura 4.18 – Proposta de ciclo de água integrando as soluções da Hitachi (Ervideira, 2014)	70
Figura 5.1 – Falha na leitura dos consumos do reservatório.....	78
Figura 5.2 – Correção dos valores de consumo diário no mês de março.....	78
Figura 5.3 – Correção dos valores de consumo diário no mês de novembro	80

Figura 5.4 – Variação típica do consumo diário (Farley et al., 2008)	87
Figura 5.5 – Exemplo da variação do consumo ao longo de 24h no caso de estudo, no dia 21 de dezembro	87
Figura 5.6 – Verificação do consumo mínimo	88
Figura 5.7 – Balanço Hídrico do mês de novembro	89
Figura 5.8 – Balanço Hídrico do mês de dezembro	89
Figura 5.9 – Balanço Hídrico do mês de janeiro.....	90
Figura 5.10 – Balanço Hídrico do mês de fevereiro	90
Figura 5.11 – Balanço Hídrico do mês de março	91
Figura 5.12 – Balanço Hídrico do mês de abril.....	91
Figura 5.13 – Balanço Hídrico do mês de maio.....	92
Figura 5.14 – Balanço Hídrico.....	92
Figura 5.15 – Evolução das perdas de água.....	93
Figura 5.16 – Redução da Água Não Faturada.....	93
Figura 5.17 – Evolução do nível de perdas aparentes	94
Figura A.1 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de dezembro	107
Figura A.2 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de janeiro	107
Figura A.3 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de fevereiro	108
Figura A.4 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de março	108
Figura A.5 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de abril	109
Figura A.6 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de maio	109

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1- Modelos de Gestão em Sistemas de Titularidades Estatal (Adaptado RASARP, 2017) ..	15
Quadro 2.2- Modelos de Gestão em Sistemas de Titularidades Municipal ou Intermunicipal (Adaptado RASARP, 2017)	15
Quadro 3.1- Síntese de dados relativos ao SAA-Arouca no triénio 2015-2017 (Cardoso-Gonçalves & Tentugal-Valente, 2017)	46
Quadro 4.1- Aspetos a atender na monitorização do consumo (Loureiro, 2010)	64
Quadro 5.1- Excerto de dados da folha de clientes.....	75
Quadro 5.2- Excerto de dados da folha de clientes com contadores mudados desde novembro de 2017	75
Quadro 5.3 – Faturação dos clientes	77
Quadro 5.4 – Consumo diário do reservatório no mês de março com valores corrigidos	79
Quadro 5.5 – Consumo diário do reservatório no mês de novembro com valores corrigidos	81
Quadro 5.6 – Consumo diário do reservatório no mês de dezembro	82
Quadro 5.7 – Consumo diário do reservatório no mês de janeiro	83
Quadro 5.8 – Consumo diário do reservatório no mês de fevereiro	84
Quadro 5.9 – Consumo diário do reservatório no mês de abril	85
Quadro 5.10 – Consumo mensal.....	86
Quadro 5.12 – Somatório dos consumos dos clientes em análise	95
Quadro 5.13 – Estimativa das perdas aparentes recuperáveis mínimas	96
Quadro 5.14 – Estimativa das perdas aparentes recuperáveis máximas.....	97

SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

Q_{\min} – Caudal Mínimo

Q_t – Caudal de Transição

Q_n – Caudal Nominal

Q_{\max} – Caudal Máximo

AdN – Águas do Norte, S.A.

AdP – Águas de Portugal, s.g.p.s.

AES – Água de Entrada no Sistema

ANF – Água Não Faturada

APDA – Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas

BH – Balanço Hídrico

CAP – Controlo Ativos de Perdas

CMN – Caudal Mínimo Noturno

DMA – District Meter Area

EE – Estação Elevatória

EG – Entidade Gestora

EPAL – Empresa Portuguesa de Águas Livres

ERSAR – Entidade Reguladora de Serviços e Águas Residuais

Et al. – E outros

ETA – Estação de Tratamento de Água

IWA – International Water Association

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NEP – Nível Económico de Perdas

PC – Posto de Cloragem

PEAASAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

PE – Ponto de Entrega

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SAA-Arouca – Sistema de Abastecimento de Água do Município de Arouca

SARN – Sistema de Águas da Região Noroeste

SIG – Sistemas de informação geográfica

SMAS – Serviço Municipalizado de Água e Saneamento

STD – Sistemas de telemetria domiciliária

TPL – Terminais portáteis de leitura

UFR – Unmeasured Flow Reducer

VRP – Válvula redutora de pressão

ZMC – Zona de Medição e Controlo

1 INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA E OBJETIVOS

Na escola, todos aprendemos que água é um recurso renovável e abundante no planeta. No entanto, é um bem escasso, visto que apenas uma pequena percentagem é acessível ao ser humano. Neste contexto, é importante que cada pessoa adote uma política mais responsável em relação ao consumo da água, racionalizando a sua utilização dia a dia, mas é também essencial que as entidades gestoras reduzam o seu nível de perdas de água.

Atualmente, estamos perante um cenário em que até cidades desenvolvidas sofrem de falta de água, como é o exemplo recente da cidade do Cabo, na África do Sul. O crescimento populacional, aliado aos hábitos de consumo de água cada vez maior, torna obrigatória uma utilização correta da água, evitando desperdícios, não só do ponto de vista económico, mas também ambiental e social.

Os sistemas de abastecimento de água lidam diariamente com a problemática que são as perdas de água, tanto a nível de perdas reais como aparentes. Estas últimas, apesar de representarem tipicamente um volume inferior às perdas reais, são atrativas financeiramente, uma vez que a sua valorização é feita ao preço de venda da água que é consideravelmente superior ao custo por metro cúbico das perdas reais.

Segundo dados da ERSAR, as perdas de água nos sistemas de abastecimento de água em Portugal rondam os 30%, que são níveis de difícil aceitação, no paradigma atual que vivemos em relação à escassez da água. Este cenário é ainda mais assustador quando se percebe que existem sistemas em que os níveis de perdas atingem os 80%.

Para além do grave desperdício do recurso natural, o elevado custo associado a este volume pode levar à insustentabilidade da empresa encarregue da distribuição, aumento de tarifas e impactes ambientais, sobretudo sobre a tensão sobre as captações.

Neste ponto, é crucial refletir sobre as componentes que permitem a redução dos níveis de perdas por parte da entidade gestora. É neste sentido que se enquadra o presente trabalho. A definição de um conjunto de procedimentos que permita a deteção das perdas, a sua análise e posterior redução é de extrema importância numa entidade gestora que se quer de excelência.

Os componentes que constituem as perdas aparentes são os erros de medição, erros informáticos, erros humanos, e ainda o consumo não autorizando. Da análise dos diferentes componentes, realizada no âmbito desta dissertação, verificou-se que os erros de medição são os que mais contribuem para as perdas aparentes.

Assim, além da elaboração de uma metodologia de redução de perdas aparentes, realizar-se-á, também, uma análise do efeito que a substituição de um conjunto de contadores envelhecidos produzirá no aumento de água faturada e na redução do nível de perdas aparentes da entidade gestora.

Analizada a importância deste tema no funcionamento dos Sistemas de Abastecimento de Água, parte-se agora para uma pequena descrição da organização do trabalho.

1.2. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação pretende fazer uma abordagem pormenorizada ao tema proposto, metodologia de redução de perdas aparentes em sistemas de reduzidas dimensões. Para isso começa-se por fazer uma consulta à bibliografia existente sobre o assunto. De seguida são tiradas conclusões e estabelecidos objetivos de estudo, surgindo-se uma segunda parte destinada à aplicação a um estudo de caso.

Em cada capítulo são abordados os temas que se descrevem de seguida.

- **Capítulo 1**

Neste primeiro capítulo é realizada uma descrição geral do tema a abordar na dissertação. O objetivo primordial é enquadrar os objetivos pretendidos no ambiente atual da sociedade, acrescentando a importância do tema no contexto atual do Planeta. Ao mesmo tempo é realizada a organização da dissertação para uma melhor orientação.

- **Capítulo 2**

Neste capítulo é feita uma pesquisa bibliográfica no âmbito do tema a desenvolver.

Por ser um tema de significativa importância e fundamental no entendimento das perdas aparentes, começa-se por fazer uma abordagem geral do panorama da água. Pretende-se demonstrar que apesar de ser um recurso renovável, a água é também um bem escasso, devido ao seu difícil acesso. Faz-se também uma cronologia sobre os sistemas de abastecimento de água, desde a sua origem até ao estado atual.

Numa segunda fase, é feita uma abordagem pormenorizada dos sistemas de abastecimento de água, mostrando a sua complexidade a nível estrutural e de gestão.

De seguida é apresentada a problemática dos volumes de água não faturada numa entidade gestora. As suas componentes dividem-se em perdas reais, perdas aparentes e consumo autorizado não faturado. Apesar das perdas reais não serem o alvo de estudo da presente dissertação, é importante fazer a sua contextualização.

Por último, aborda-se pormenorizadamente a temática das perdas aparentes, salientando-se as suas principais causas e formas de as reduzir. Particulariza-se ainda a introdução da componente telemetria, visto ser uma ferramenta fundamental no combate às perdas aparentes, apesar de ter custos de implementação elevados e, como tal, ainda não estar presente em muitas entidades gestoras.

- **Capítulo 3**

Neste capítulo é apresentado o caso de estudo. Nesse sentido, procede-se a uma caracterização da Empresa Águas do Norte, S.A. e do sistema municipal de abastecimento de água de Arouca. Apresenta-se ainda, mais pormenorizadamente, a zona de medição e controlo que será alvo de análise.

- **Capítulo 4**

No capítulo quatro, após a leitura da bibliografia adequada, familiarização com o caso de estudo e conhecimento fornecido pela empresa, é então apresentada uma metodologia que visa a redução das perdas aparentes. A metodologia para cumprimento dos objetivos propostos encontra-se estruturada em cinco componentes principais, no plano estratégico, sendo cada uma descrita pormenorizadamente.

- **Capítulo 5**

Pretende-se, neste capítulo, apresentar os resultados da metodologia proposta. Assim, após a implementação da metodologia, é realizado um balanço hídrico mensal da área de estudo, de modo a observar as alterações no sistema. Além disso, tendo em conta que o balanço hídrico é realizado com recurso à estimativa das perdas reais, analisa-se também a evolução da água faturada num conjunto de clientes cujos contadores foram substituídos recentemente, de modo a retirar a componente de estimativa e, conferir maior precisão à análise da evolução as perdas aparentes.

- **Capítulo 6**

No último capítulo apresentam-se as conclusões gerais alcançadas ao longo da dissertação bem como as sugestões para desenvolvimentos futuros no âmbito da presente dissertação.

2 ESTADO DA ARTE

2.1.ENQUADRAMENTO

Com a realização do presente estudo pretende-se identificar uma metodologia que permita a redução das perdas aparentes de água nos sistemas de abastecimento. O cenário português relativo às perdas de água, tanto reais como aparentes, é algo problemático, uma vez que dados recentes apontam para perdas a rondarem os 30%, segundo o relatório sobre o abastecimento público da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) e relativo ao ano de 2016. Este cenário torna-se ainda pior se se pensar que na maioria das entidades gestoras esse valor é bastante superior.

A água é uma substância essencial à vida do homem, sem a qual o mesmo não seria capaz de sobreviver. O ciclo hidrológico da água tem sofrido alterações decorrentes das ações do homem e a escassez da água limpa, passível de ser consumida pelo homem, é já um dos grandes desafios do século XXI. A quantidade de água doce disponível representa apenas aproximadamente 1% do total de água no planeta (Fig.2.1) e, nas últimas décadas, a galopante urbanização em torno das grandes cidades, e o uso irracional da água fizeram com que a degradação da mesma tenha aumentado para níveis alarmantes (ÁguaGlobal, 2014).

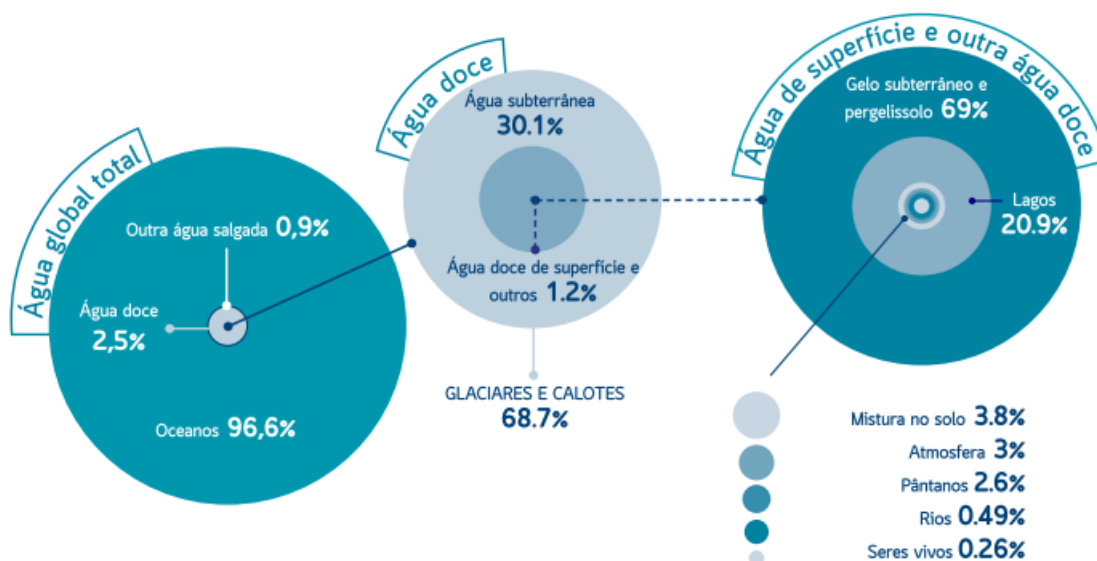


Figura 2.1- Distribuição das diversas fontes de água (Epal, 2015)

Em 2010 o acesso à água e ao saneamento de águas residuais foram recentemente declarados como direitos humanos pela comunidade internacional, com a participação ativa do Governo Português. Esta qualificação jurídica é pertinente no modo como os serviços de abastecimento de água e saneamento devem ser prestados e entendidos. Apresenta-se a seguir uma descrição sumária dos critérios (Albuquerque, 2012).

- **Acessibilidade física:** o abastecimento de água deve estar acessível na própria habitação, nos locais de trabalho e em locais coletivos, a nível de distância, segurança e conveniência para as pessoas de mobilidade reduzida;
- **Disponibilidade:** todos os cidadãos devem ter acesso à água em quantidade suficiente para a satisfação das necessidades básicas de alimentação, higiene pessoal e outros usos domésticos essenciais, de forma contínua;
- **Qualidade:** a água deve ter características que a tornem adequada para o consumo humano e, portanto, não represente perigo para a saúde pública;
- **Acessibilidade económica:** todos os cidadãos devem ter acesso à água a um preço aceitável, que não comprometa a capacidade de adquirir outros bens e serviços essenciais assegurados pelos direitos humanos, tais como a alimentação, a habitação e a saúde;
- **Aceitabilidade:** as instalações dos sistemas de abastecimento de água (SAA) e saneamento de águas residuais devem assegurar, o respeito pela dignidade humana mediante os padrões culturais atuais.

Sendo a água um fator essencial para o desenvolvimento socioeconómico do País e, consequentemente um recurso estratégico e estruturante, há necessariamente de se garantir uma elevada eficiência no seu uso, como contributo para a sustentabilidade dos recursos naturais (Alegre, 2005).

2.2.CONTEXTUALIZAÇÃO DO SETOR DE ABASTECIMENTO DA ÁGUA

Se há algo que a globalidade do ser humano tem em comum, independentemente da sua raça, é a necessidade do consumo de água para satisfazer as suas necessidades diárias. Como tal e apesar das primeiras civilizações se fixarem junto aos rios, fontes naturais de água, houve a necessidade de elaborar um sistema capaz de transportar a água para zonas cada vez mais distantes, conforme essas mesmas civilizações se expandiam.

A evolução da civilização humana está interligada com a capacidade do Homem ser capaz de controlar e fazer chegar a água às populações. Como já foi dito anteriormente, hoje em dia o acesso à água não é um luxo, mas sim um direito de qualquer pessoa, apesar disso não ser uma realidade em todos os pontos do mundo. Associado a estas duas componentes, a evolução exponencial da sociedade e o direito ao acesso à água, começou a surgir a problemática da água. De modo a combater essa mesma problemática surgiram então as Entidades Gestoras, responsáveis pela gestão dos sistemas de abastecimento de água, e também pela sua sustentabilidade.

2.2.1.HISTÓRIA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PORTUGAL

Os serviços públicos de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais em Portugal tiveram a sua génese na perceção da correlação entre as diversas doenças infecciosas e a inexistência de abastecimento de água potável e saneamento de águas residuais capazes de garantir condições mínimas de higiene. Apesar da urgente necessidade de infraestruturização dos aglomerados habitacionais, a capacidade de desenvolvimento foi limitada devido à situação económica em que o País se encontrava em 1892, tendo inclusive declarado bancarrota (Pato, 2016).

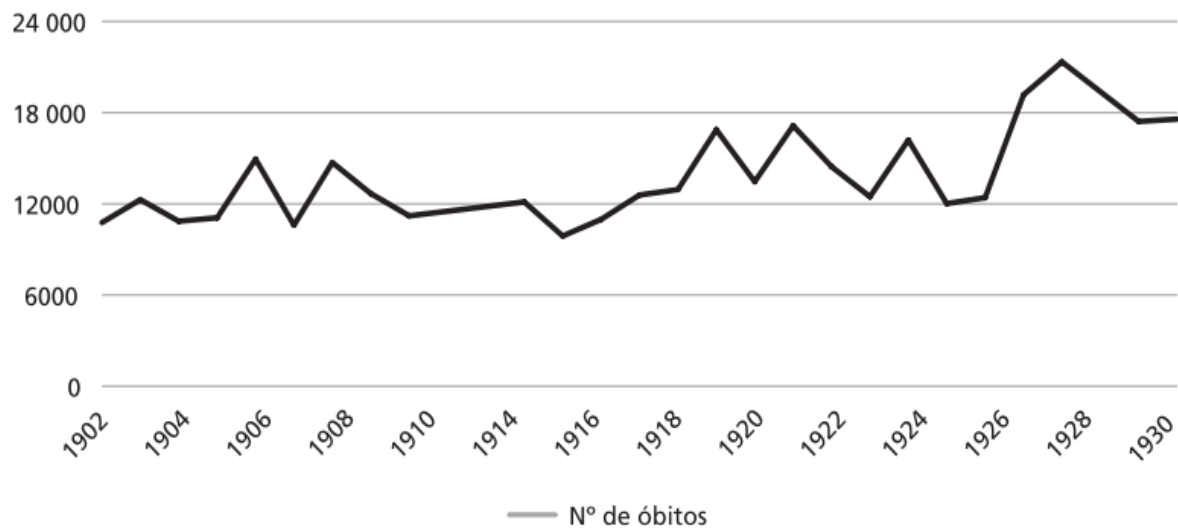


Figura 2.2- Número de óbitos relacionados com água/higiene (Pato, 2016)

Devido à crise que o País enfrentava, as orientações políticas e os investimentos realizados foram canalizados para a resolução dos problemas nas grandes cidades, excluindo então as zonas rurais, o que perdurou até à década de 50 do século XX. Em 1960 dá-se finalmente a viragem nas políticas de abastecimento de água, visando a expansão das redes de sistemas de distribuição domiciliária a todo o País, através dos financiamentos previstos no “Plano de Abastecimento de Água às Populações Rurais”. Apesar de este Plano ter constituído um importante ponto de partida, com a obtenção de resultados positivos, criando infraestruturas das quais, em alguns casos, ainda existem vestígios e até de uma forma adaptada, muitas em funcionamento, as verbas atribuídas eram ainda claramente insuficientes face ao trabalho a desenvolver (Gonçalves, 2013).

A década de 1970 trouxe definitivamente o investimento na resolução dos problemas relacionados com o abastecimento e saneamento. Entre 1975 e 1990, a implementação de medidas como a criação da Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos e Saneamento Básico, a formação da primeira pós-graduação em engenharia sanitária e do Núcleo de Engenharia Sanitária no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), fizeram subir para valores a rondar os 60% o nível de atendimento às pessoas no que diz respeito ao saneamento, e para 80% o abastecimento de água, conforme se pode observar pelas Figuras 2.3 e 2.4. (Pato, 2016).

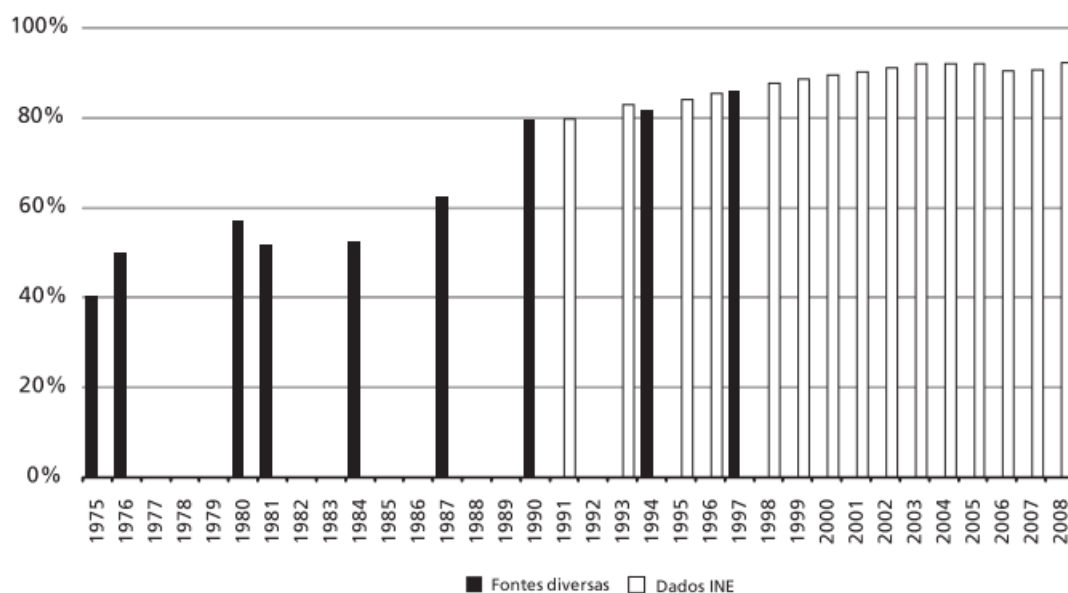


Figura 2.3- Percentagem da população servida com sistema de abastecimento de água (Pato, 2016)

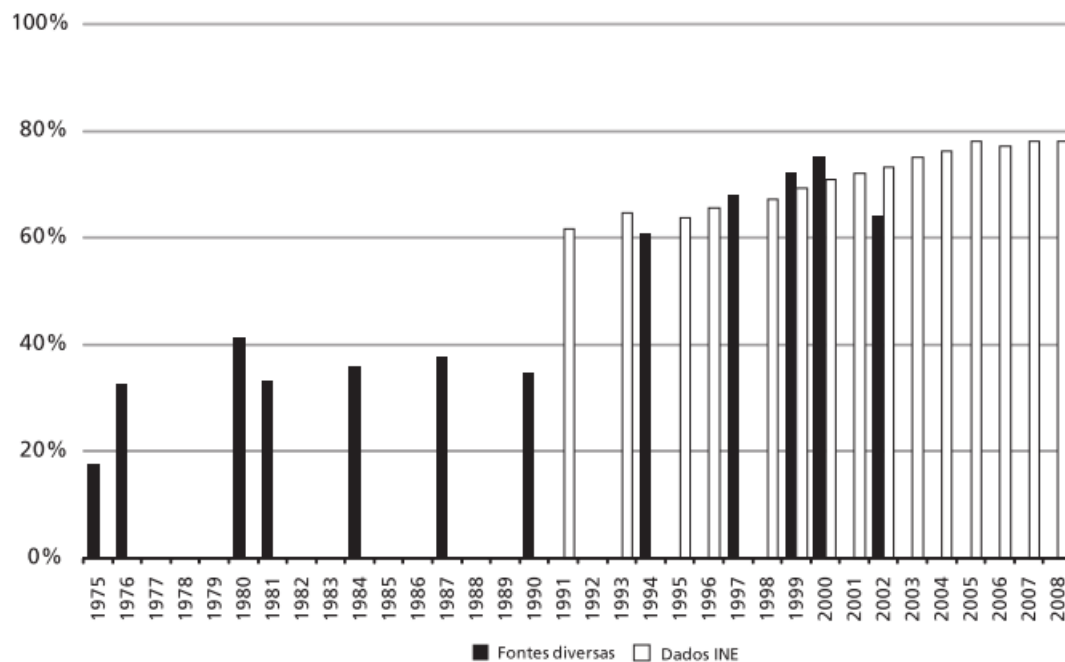


Figura 2.4- Percentagem da população servida com sistemas de drenagem de águas residuais (Pato, 2016)

2.2.2. ESTADO DO SETOR DAS ÁGUAS EM PORTUGAL

A evolução do setor de abastecimento de água e tratamento de águas residuais nas últimas duas décadas foi extremamente positiva, atingindo-se nos dias de hoje valores satisfatórios que concerne não só aos níveis de atendimento da população, mas também ao nível da qualidade da água (Comissão do Ambiente, 2012).

As atividades relacionadas com o setor das águas e resíduos têm um contributo significativo no progresso económico e social do País, não só pela capacidade de gerar atividade económica e de criar emprego, mas também pela melhoria da qualidade de vida que confere à população no seu quotidiano. Os serviços deste setor são reconhecidos como serviços públicos pela Lei dos Serviços Públicos Essenciais (Lei nº23/96, de 26 de julho, na redação atual) (RASARP, 2017).

Os serviços públicos de água e saneamento, devido aos investimentos realizados, atingiram nas últimas décadas, um patamar de excelência, não só relativamente à taxa de cobertura (Fig.2.5 e 2.6), mas também da qualidade da água. Atualmente, o setor depara-se com novos desafios no sentido, que requerem uma eficiente gestão dos seus recursos, de modo a ser capaz de manter a excelência atingida (PENSAAR 2020, 2015).

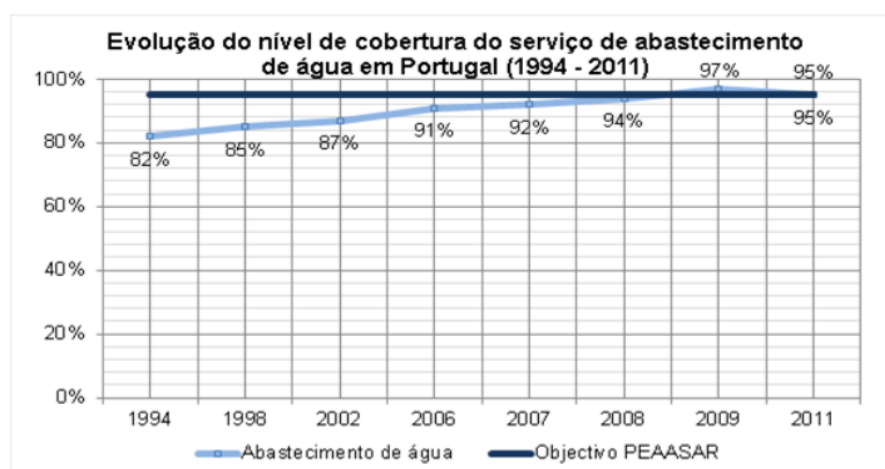


Figura 2.5- Acessibilidade física dos serviços de AA em Portugal. Fonte: ERSAR

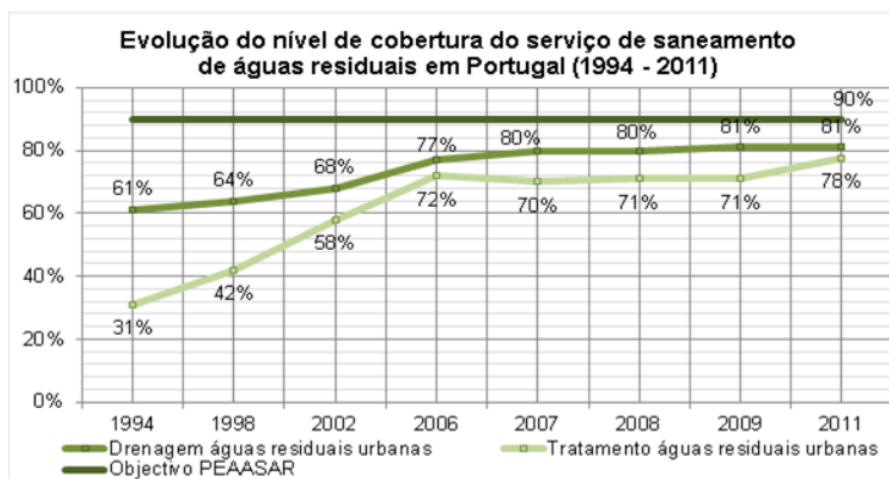


Figura 2.6- Acessibilidade física de SAR em Portugal. Fonte: ERSAR

Apesar do progresso feito no atendimento da população com serviços públicos de sistemas de abastecimento de água (SAA), não foi possível atingir a meta previamente estabelecida pelo PEAASAR II. No entanto, é importante realçar o facto de o plano já prever que em algumas áreas não seria possível atingir uma taxa de atendimento de 90%, devido à dispersão populacional em algumas zonas, em que o custo unitário de um serviço público em rede é superior à média nacional, tendo sido por isso estabelecido um objetivo mínimo de 70% (PENSAAR 2020, 2015).

A evolução positiva verificou-se também na qualidade da água, que nos últimos anos tem vindo a aumentar continuamente (Fig.2.7). De salientar que em 2015 cerca de 99% da água era controlada e de boa qualidade, quando em 1993 este indicador era apenas de 50% (ERSAR, 2018).

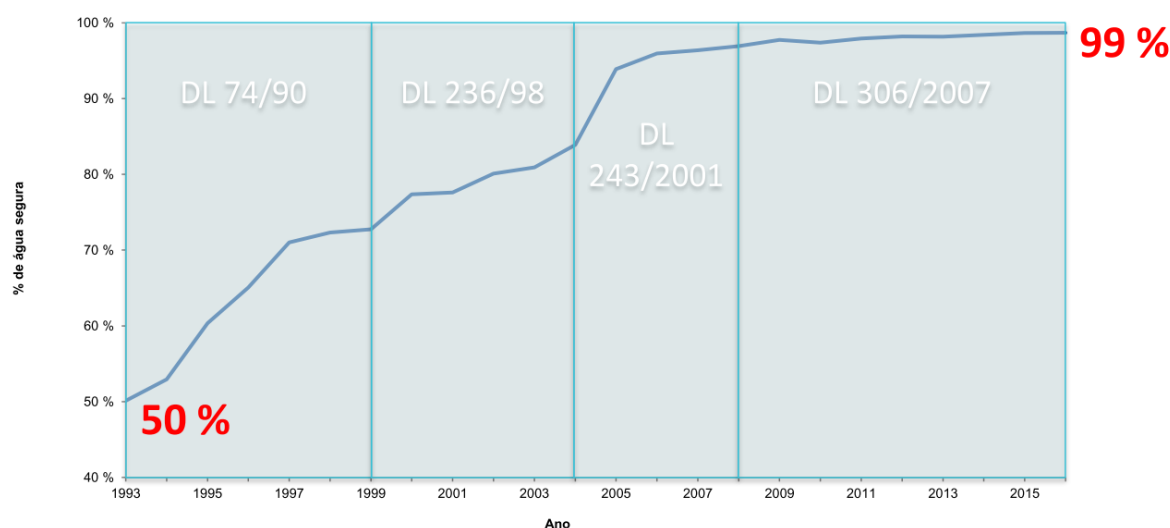


Figura 2.7- Evolução da percentagem de água controlada e de boa qualidade entre 1993 e 2015. Fonte: (ERSAR, 2018)

2.2.3.SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA E SOCIAL DO SETOR

Tendo em conta a atual situação do País é necessária a existência de estratégias que respeitem não só as condições ambientais e sociais, mas também as económicas. Como já foi referido anteriormente a água é hoje um direito básico do ser humano. No entanto, este reconhecimento não implica a gratuidade dos serviços. Compete então à Entidade Gestora (EG) encontrar o ponto de equilíbrio que satisfaça as condições previamente enunciadas.

A fixação de objetivos e medidas a seguir tem como foco principal a obtenção de um preço justo da água. É expectável que a nível nacional, as tarifas do consumidor final assegurem a sustentabilidade das Entidades Gestoras dentro de um intervalo condizente com a sua capacidade financeira.

O abastecimento público de água às populações e o saneamento das águas residuais urbanas integram sistemas essenciais ao bem-estar, à saúde pública e à segurança coletiva das populações, às atividades económicas e à proteção do ambiente. Como tal é importante que o País continue a apostar e a investir no sector, concluindo definitivamente o “ciclo infraestrutural do saneamento básico” e implementando modelos de organização que promovam a sua sustentabilidade, de forma a servir a maior percentagem possível da população, com um nível elevado de qualidade de serviço, a um preço justo (PEAASAR II, 2007).

A Fig. 2.8, retirada do PEAASAR II, representa o ponto de equilíbrio desejado. Através da análise da figura, é facilmente perceptível o conceito de sustentabilidade, ou seja, cobrir os custos do serviço através de tarifas socialmente aceitáveis, não comprometendo a saúde financeira da Entidade Gestora.

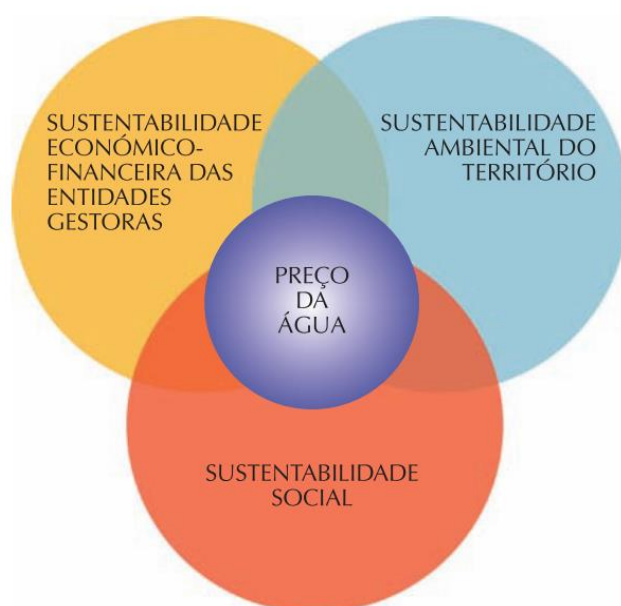


Figura 2.8- Pilares da sustentabilidade do setor da água (PEAASAR II, 2007)

2.2.4.FUTURO DA ÁGUA

Sendo a água um recurso vital à vida do Homem, pretende-se neste sub-capítulo realizar uma pequena abordagem sobre a importância da sua eficiente utilização, não só relativamente a questões económicas, mas também ambientais.

Até agora a satisfação das necessidades das populações, tem sido concretizadas através da expansão das infraestruturas de abastecimento de água, o que pode não ser uma possibilidade no futuro devido à escassez da mesma. De modo a fazer face ao atual paradigma dos recursos hídricos, é claramente necessário racionalizar o consumo de água doméstico, industrial e agrícola por parte dos utilizadores. Além da responsabilidade pessoal no uso da água, há também responsabilidade por parte das EG, que têm como obrigação caminhar no sentido de aumentar a sua eficiência na gestão da água.

Segundo o estudo “OECD Environmental Outlook to 2050 – The Consequences of Inaction”, é expectável que a procura por água aumente substancialmente em cerca de 55%. O aumento significativo do consumo de água em particular nos centros de grande densidade populacional, aliado aos efeitos das alterações climáticas, irá provocar uma situação de *stress* hídrico em muitas bacias hidrográficas. O número de pessoas a viver junto dessas bacias deve também passar de 1.6 mil milhões em 2000 para 3.9 mil milhões em 2050, ou seja, cerca de 40% da população mundial, o que representa um cenário preocupante. Prevê-se que apesar de esta situação ter consequências a nível mundial, os efeitos serão mais sentidos nos países pertencentes ao BRICS, Sul da Ásia, Norte de África, e ainda grande parte da China. As consequências são de difícil quantificação, dependendo profundamente das medidas adoptadas para enfrentar o cenário enunciado (OECD, 2012).

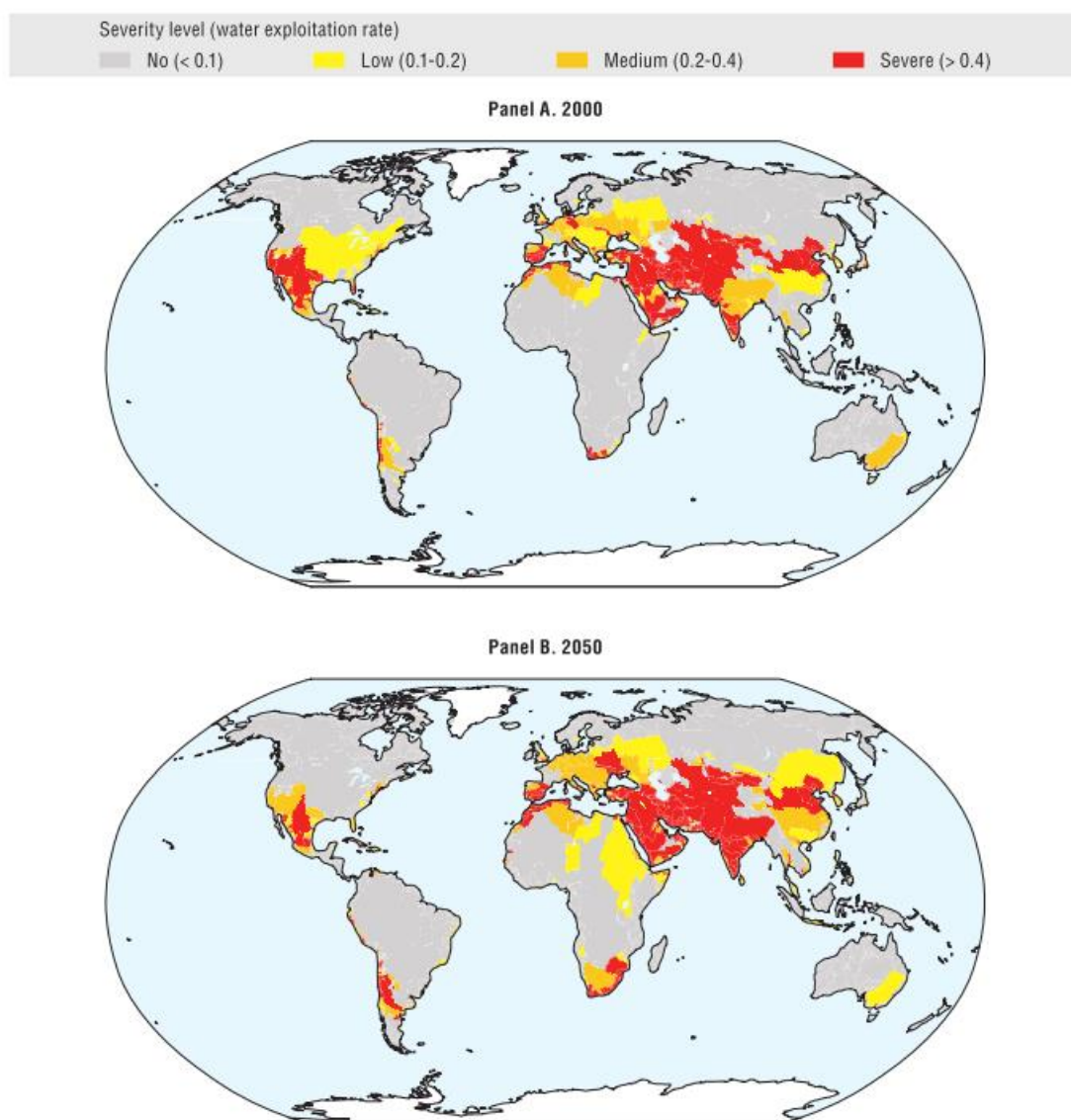


Figura 2.9- Evolução do “stress” hídrico por bacia hidrográfica (OECD, 2012)

Seja devido às alterações climáticas, à poluição ou ao crescimento populacional, a verdade é que nos dias de hoje o acesso à água por todo o mundo é cada vez mais complicado. É importante realçar o facto de que a falta de água, saneamento e higiene não prejudica apenas a qualidade de vida das populações, mas provoca também uma considerável perda de atividade económica. Os investimentos em água e serviços de saneamento traduzem-se em benefícios económicos importantes; em regiões em desenvolvimento, estimou-se que esse rendimento seria cerca de 5 a 28 dólares/ per capita (UN., 2014).

Tendo em conta o cenário exposto, é necessário atuar no sentido de o contrariar. Há medidas a ser colocadas em prática atualmente a vários níveis, e em diversos pontos do mundo. Em Israel, por exemplo, o Governo tem vindo a implementar medidas com o objetivo de tornar o sistema de abastecimento sustentável, como o controlo apertado do uso da água no setor agrícola, e o incentivo de águas residuais nesse mesmo setor, além do investimento em instalações capazes de transformar água salgada em água potável. O governo tem também apostado também apostado em medidas económicas, como diminuir o preço das tarifas para o consumo de água com origem em efluentes tratados e água salgada para irrigação (OECD, 2012).

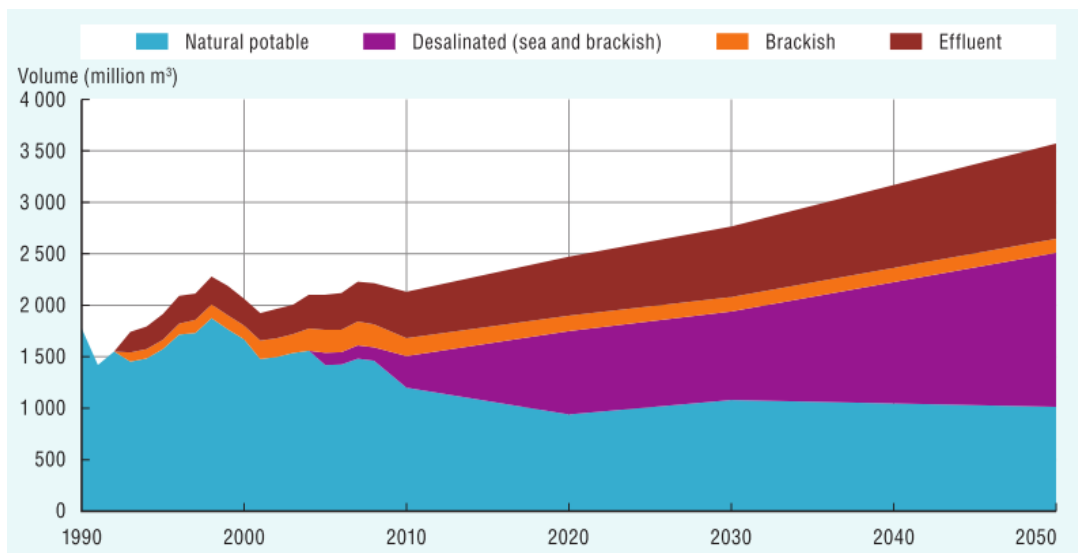


Figura 2.10- Previsão das fontes de consumo de água em Israel (OECD, 2012)

Posto isto, é notório que a luta contra a escassez da água tem de partir de todos, desde cada utilizador até ao governo, passando evidentemente pelas entidades gestoras dos serviços de abastecimento de água. Como já foi visto anteriormente, as perdas de águas em Portugal rondam os 30%, o que se transforma num elevado custo económico para as EG, mas nos dias de hoje já não se pode olhar para esse valor exclusivamente pela vertente económica, mas também obrigatoriamente pela ambiental.

2.3. CARACTERIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Um Sistema de Abastecimento de Água é um conjunto de obras, equipamentos e serviços, que interligados entre si visam garantir uma eficiente distribuição água às populações. Caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação da sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em quantidade compatível com as suas necessidades. Este pode ser concebido para servir tanto pequenas como grandes populações, variando nas características das suas instalações.

Apesar da existência de água em abundância, como já foi visto anteriormente, é ínfima a percentagem que é passível de ser tratada e posteriormente consumida, pelo menos, através de um processo economicamente viável. Para captar a água disponível, tratá-la de modo a atingir os padrões elevados de qualidade, e por último distribuí-la até atingir os consumidores finais, é necessário um elaborado e complexo conjunto de processos, que incluem:

- Captação: Infraestrutura onde a água é retirada da sua origem natural.
- Posto de cloragem (PC) e/ou Estação de Tratamento de Água (ETA): Infraestrutura onde a água é tratada de modo a tornar-se própria para consumo humano.
- Estação elevatória: Infraestrutura onde a água é bombeada (ou elevada) para zonas localizadas a altitudes superiores.
- Conduta adutora: Tubagem que transporta a água até à rede de abastecimento, estabelecendo a ligação entre os vários equipamentos e instalações.
- Reservatório: Infraestrutura onde a água é armazenada.
- Rede de abastecimento (rede de distribuição): Condutas, geralmente instaladas na via pública, que transportam a água até aos ramais de ligação, os quais garantem o abastecimento de água às habitações.

Estas etapas estão hoje, devidamente agregadas e integradas de acordo com a divisão do SAA nas suas componentes em “alta” e em “baixa”.

Na Figura 2.11 é possível ver um esquema da cadeia das atividades dos setores dos serviços de águas.

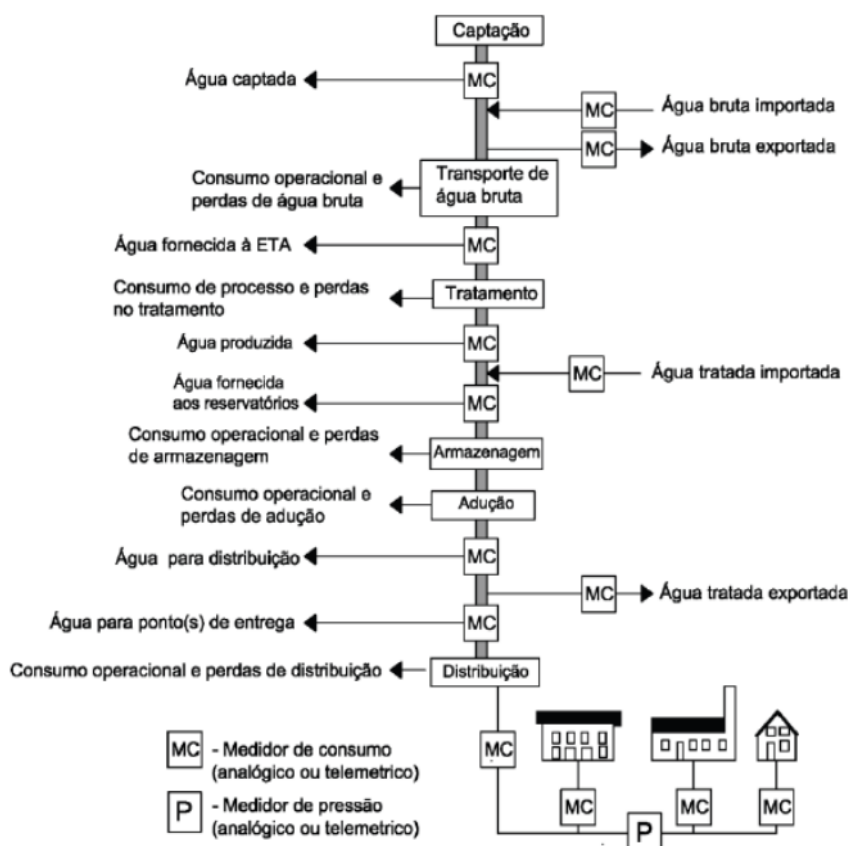


Figura 2.11 – Esquema de um Sistema Público de Abastecimento de Água (Alegre, Wolfram, Baptista, & Parena, 2004)

2.3.1. MODELOS DE GESTÃO

A responsabilidade do fornecimento dos serviços de água em Portugal é compartilhada entre o Estado e os municípios, sendo o Estado responsável pelos sistemas multimunicipais, e os municípios pelos sistemas municipais. Caso o sistema forneça os seus serviços a mais do que um município e exija um investimento predominante por parte do Estado em função de razões de interesse nacional, é considerado um sistema multimunicipal: todos os outros, relativamente aos quais cabe aos municípios, isoladamente ou através de associações de municípios definir o modo de organização e gestão, são considerados sistemas municipais (ERSAR, 2011).

Um modelo de gestão a seguir poderá variar de comunidade para comunidade e das suas necessidades. Existem vários fatores responsáveis pela escolha de um determinado modelo de gestão. Face ao quadro legal, os serviços públicos essenciais de abastecimento de água e saneamento só poderão ter duas titularidades, estatal ou municipal.

De acordo com o Decreto-Lei nº194/2009 de 20 de Agosto, a EG dos serviços municipais é determinada pela entidade titular, mediante um dos seguintes modelos de gestão: prestação ou gestão direta do serviço, delegação do serviço em empresa constituída em parceria com o Estado, delegação do serviço em empresa do setor empresarial local ou concessão do serviço.

Quadro 2.1- Modelos de Gestão em Sistemas de Titularidades Estatal (Adaptado RASARP, 2017)

MODELO	ENTIDADE GESTORA	PARCERIA
Gestão Direta	Estado (nenhum caso existente)	Sem Parceria
Delegação	Empresa Pública (caso da EPAL)	Sem Parceria
Concessão	Entidade concessionária multimunicipal	Parceria Público-Pública, podendo evoluir a Parceria Público-Privada

Quadro 2.2- Modelos de Gestão em Sistemas de Titularidades Municipal ou Intermunicipal (Adaptado RASARP, 2017)

MODELO	ENTIDADE GESTORA	PARCERIA
Gestão Direta	Serviços Municipais	Sem Parceria ou com Parceria Público-Pública no caso de serviços intermunicipais
	Serviços Municipalizados	Sem Parceria ou com Parceria Público-Pública no caso de serviços intermunicipalizados
	Associação de Municípios	Parceria Público-Pública
	Empresa Municipal Pública	Sem Parceria
Delegação	Empresa Intermunicipal Pública	Parceria Público-Pública
	Empresa Municipal ou Intermunicipal de Capitais Públicos	Parceria Público-Pública
	Junta de Freguesia e Associação de Utilizadores	Parceria Público-Pública
	Entidade Concessionária Municipal	Parceria Público-Privada

A gestão direta dos sistemas é efetuada pelo município, conjunto de municípios ou área metropolitana através dos respetivos serviços municipais ou municipalizados. Os serviços municipais e municipalizados, distinguem-se pelo nível de autonomia administrativa e financeiro (no segundo caso existe além de um orçamento próprio, uma gestão entregue a um conselho de administração privativo),

apesar de em ambos os casos se tratar de serviços integrados no município, nos quais as tarifas são determinadas pelos respetivos órgãos (ERSAR, 2013).

O modelo de gestão por delegação pressupõe a celebração de um contrato de gestão que defina os objetivos a prosseguir pela empresa e a política de preços a adotar. Os municípios podem constituir parcerias público-privadas institucionais, selecionando através de procedimentos de contratação pública, parceiros privados para o capital das empresas sob forma comercial. Apesar de na descrição deste modelo não estar previsto, existe em Portugal, por razões históricas, um modelo de gestão delegada cuja titularidade é estatal. É o caso da EPAL – Empresa Pública das Águas Livres, que foi criada após a cessação do contrato de concessão entre o Estado e a Companhia das Águas de Lisboa. Sem contrato de concessão, a EPAL, consubstancia um modelo de delegação, ou seja, o Estado criou uma empresa que detém e controla em exclusivo, transferindo para a mesma o exercício das várias atividades inerentes a um sistema de abastecimento de água, por tempo indeterminado (ERSAR, 2013).

O atual quadro legal prevê ainda, a possibilidade de um modelo de gestão de concessão dos serviços municipais. Neste caso a criação e atribuição da respetiva gestão é feita pelo Estado através de Decreto-Lei, por um prazo que pode ir até 50 anos. A empresa vencedora da concessão (cujo capital social pode ser maioritariamente ou integralmente subscrito por empresas do setor privado), fica responsável pela operação, manutenção e a conservação do sistema, podendo ainda envolver a construção, renovação e substituição de infraestruturas (ERSAR, 2013).

Aproximadamente 70% dos municípios portugueses, opta por modelos de gestão pública (serviços municipais e municipalizados), sendo essa percentagem ainda maior relativamente ao saneamento. A opção por uma gestão do tipo empresarial (pública ou privada), verifica-se em menor escala percentual, abrangendo, no entanto, um número considerável de habitantes (6.1 milhões), devido às características urbanas onde estas intervêm (RASARP, 2017).

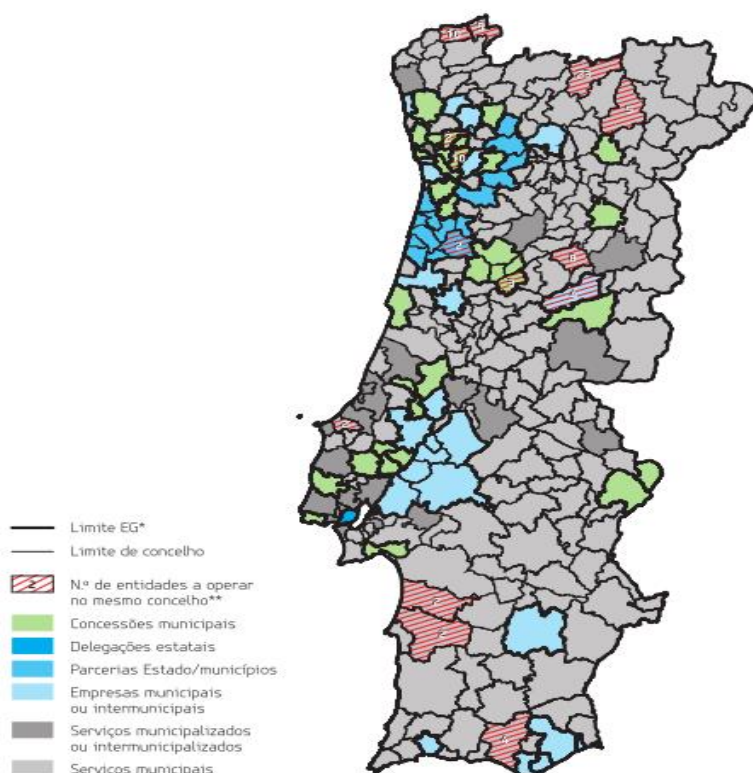


Figura 2.12 – Distribuição geográfica das EG dos SAA (RASARP, 2017)

2.3.2.COMPONENTE EM “ALTA” E EM “BAIXA”

Em Portugal os serviços de distribuição de água, são distinguidos e classificados em duas formas: em “alta” e em “baixa”, cuja diferenciação advém das atividades realizadas.

A componente em “alta” de um SAA engloba todas as etapas desde a captação e transporte de água bruta, o correspondente tratamento e fornecimento da mesma até à componente em “baixa” para futura distribuição final aos consumidores. Os serviços em “alta” referem-se aos sistemas multimunicipais e, atualmente em Portugal, encontram-se mais desenvolvidos e renovados do que os serviços em “baixa”, registando assim uma menor necessidade de investimento (Teixeira, 2013).

A maior parte deste serviço é prestado por entidades concessionárias, abrangendo cerca de 72% da população e 79% do número de municípios. Existem também em alguns municípios serviços de abastecimento verticalizados, isto é, as entidade que realizam o abastecimento público de água têm toda a cadeia de valor incorporado nas suas operações, realizando a captação, tratamento e distribuição da água ao utilizador final (RASARP, 2017).

A componente em “baixa” de um SAA situa-se a jusante da componente em “alta” e pode ser definida pelo conjunto de atividades que tem início no momento em que a água tratada é fornecida pela componente em “alta” através da adutora principal até ao momento em que esta é fornecida aos consumidores finais.

O fornecimento da água proveniente da componente em “alta” pode ser feito de duas formas. A primeira consiste na injeção da água diretamente na rede de distribuição em pontos específicos para o efeito denominados pontos de entrega (PE). A segunda consiste no abastecimento de reservatórios de distribuição, onde se armazena a água que posteriormente será fornecida à rede (Oliveira, 2013).

É importante realçar o impacto relevante que a topografia tem nos SAA. Devido à natural irregularidade do território é normal existir a necessidade criar estações elevatórias (EE) para vencer certos desníveis. No entanto, estas são de todo indesejáveis, visto acarretarem com elas despesas globais muito elevadas (custos de projeto e conceção, exploração e manutenção dos equipamentos). Como tal, na conceção dos sistemas de abastecimento é fundamental um estudo aprofundado da topografia do terreno, que permita que o máximo do abastecimento da rede seja do tipo gravítico recorrendo à implementação de reservatórios colocados estrategicamente nos locais de cota mais elevada.

O abastecimento de água em “baixa” é um setor fragmentado, como é perceptível pelo elevado número de entidades gestores existentes, 319 no total, facto que é explicado parcialmente pela maioria do serviço ser assegurado por serviços municipais, mas também pela existência de micro entidades que são compostas por juntas de freguesia (RASARP, 2017).

2.3.3.MONOPÓLIO NATURAL

O setor da água é um setor com uma concorrência reduzida, dada a necessidade de elevados investimentos capitais e até mesmo devido à falta de espaço físico, pois seria inconcebível fazer passar na estrada uma conduta para cada empresa que quisesse fornecer o serviço em determinado município. Estes dois fatores conduzem à existência de barreiras à entrada de novas empresas no setor, fazendo assim com que apenas uma empresa forneça os seus serviços na região, reduzindo os seus custos de produção e consequentemente os custos do cliente também (Cunha & Witte, 2011).

Um monopólio natural acontece “quando os investimentos necessários para a produção de um serviço apresentam custos altos e relativamente fixos, fazendo com que os custos totais de longo prazo caiam à medida que a produção aumenta”

Em certos tipos de indústrias, como é o caso do setor de distribuição e abastecimento de água, a existência de mais do que um prestador de serviços só iria enfraquecer o setor e prejudicar os clientes. É certo que, na maioria das indústrias a maior oferta de entidades prestadoras de um determinado serviço, favorece o setor, tornando-o mais competitivo, levando as empresas a procurar sempre oferecer um preço mais atrativo. No entanto, no setor da água tal não acontece, uma vez que ninguém sairia beneficiado com a possibilidade de mais de uma entidade explorar um município.

O setor da água é um setor marcado pelo elevado investimento que é necessário fazer, não só inicial de modo a implementar a rede de distribuição (falando aqui exclusivamente do sistema em “baixa”), mas também a nível de manutenção. Por esse motivo, a única possibilidade de tornar um sistema de abastecimento de água sustentável, não sobrecarregando o cliente com tarifas inoportáveis, é a existência de uma única entidade gestora dentro dos correspondentes limites geográficos perfeitamente definidos, transformando assim este setor num monopólio natural.

2.3.4. INTERVENÇÃO DO SETOR PRIVADO

Em 1993, com a publicação do Decreto-Lei nº372/93, de 29 de Outubro, alterando a Lei nº46/77, a qual vedava o abastecimento de água e drenagem e tratamento de águas residuais ao setor privado, passou a ser permitido o acesso desse setor às referidas atividades, em certas condições, mais concretamente sob a forma de concessão. Nesse mesmo ano, a alteração da Lei permitiu criar concessões nos serviços de águas e resíduos (Ambrósio, n.d.).

Importa referir as diferenças entre privatizar (não permitido em Portugal) e concessionar, que, vulgarmente são consideradas como iguais, provocando até algumas discussões, mas têm diferenças perfeitamente definidas. Apesar de partilharem o mesmo objetivo, ou seja, transferir os poderes de decisão para maximizar os lucros e melhorar ou expandir o serviço, a privatização envolve a venda de ativos como bens e equipamentos, enquanto na concessão o município continua a ser o proprietário dos ativos. Existem ainda mais possibilidades de exploração de empresas privadas, como através de contratos de serviços, contrato de gestão ou aluguer (arrendamento), em que as diferenças são facilmente perceptíveis na Figura 2.13.

	PROPRIEDADE	OPERAÇÃO	INVESTIMENTO	RISCO	DURAÇÃO (anos)
CONTRATO DE SERVIÇOS	Público	Partilhado	Público	Público	1-3
CONTRATO DE GESTÃO	Público	Privado	Público	Público	3-5
ALUGUER (ARRENDAMENTO)	Público	Privado	Partilhado	Público	8-15
CONCESSÃO	Público	Privado	Privado	Privado	20-30
PRIVATIZAÇÃO	Privado	Privado	Privado	Privado	Ilimitado

Figura 2.13- Participação dos privados no setor da água Adaptado: (RASARP, 2017)

Com a abertura dos sistemas de abastecimento de água a empresas privadas chega também a discussão sobre o assunto, colocando em dúvida, se essa abertura será benéfica ou prejudicial para o setor. A questão perdura até hoje, e, possivelmente perdurará muito mais anos, sendo difícil obter uma resposta concreta e factual. Em Portugal, tal como em todo o mundo, no que diz respeito a privatizações existem sempre opiniões a favor e opiniões contra, apontando respetivamente, bons e maus exemplos, aspetos positivos e negativos (Poças-Martins, 2014).

Uma das grandes desvantagens que se aponta ao setor privado é a prática de tarifas mais elevadas. No entanto, existem análises sobre estudos que indicam que isso não corresponde totalmente à verdade. Segundo um estudo publicado no Diário de Notícias (DN, 2017) foram identificados operadores privados que devido a uma maior eficácia ao nível dos investimentos, prestam uma melhor qualidade no serviço e, em condições equiparáveis tarifas e encargos mais módicos.

2.4. ÁGUA NÃO FATURADA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

No que refere às Entidades Gestoras dos sistemas de abastecimento de água, um dos principais objetivos é a redução do volume de perdas no sentido de serem atingidos níveis mais elevados de eficiência na utilização do recurso. A partir desta premissa é possível a transmissão de ganhos financeiros para os clientes, por via da recuperação dos custos pelas tarifas (Martins, 2007)

A água não faturada (ANF) corresponde à diferença entre o volume de água de entrada no sistema e de água faturada, e é constituída por 3 componentes, o consumo autorizado não faturado, as perdas reais e as perdas aparentes. O consumo autorizado não faturado corresponde ao consumo anual de água autorizado pela entidade gestora, mas que não gera qualquer receita (Bombeiros, regas municipais, fontanários, entre outros), sendo a soma do consumo não faturado medido e do consumo não faturado não medido. É normalmente uma pequena parcela da água não faturada, mas que importa conhecer, de modo a permitir a realização de um balanço hídrico rigoroso, ou seja, interessa diminuir o consumo faturado não medido e aumentar consequentemente o consumo não faturado medido. A grande percentagem da água não faturada corresponde às perdas de água, assunto sobre o qual incide a presente dissertação, e como tal, será feita uma análise mais detalhada sobre as mesmas posteriormente.

O grande flagelo de uma EG está então no volume das perdas águas, correspondente à diferença entre a água que entra nos sistemas e o consumo autorizado, dividindo-se em perdas reais e perdas aparentes. As perdas físicas podem ser sucintamente definidas como aquelas em que se observa concretamente a perda de água, e as perdas aparentes as que passam teoricamente despercebidas.

A consciencialização do gasto excessivo e desnecessária de água por parte dos SAA tem vindo a aumentar consideravelmente justificadamente. As perdas de água deixam de ser apenas um problema ao nível económico-financeiro relativamente à não faturação da água e consequentemente desnecessário aumento das tarifas, mas também um problema de sustentabilidade relativamente à exploração de um recurso cada vez mais limitado (Oliveira, 2013).

2.4.1. PERDAS REAIS

As perdas reais, ou perdas físicas, correspondem ao volume, de água perdido na rede e nas infraestruturas das entidades gestoras. No quadro do balanço hídrico, estas perdas encontram-se ainda divididas em subcategorias, em função do local onde ocorre a fuga de água, designadamente (Epal, 2015) :

- Fugas em condutas de adução ou distribuição;

- Fugas nas paredes ou pavimentos dos reservatórios e o extravasamento dos mesmos;
- Fugas nos ramais de ligação.

As perdas anteriormente referidas podem ocorrer devido a uma série de fatores. A própria estratégia de combate às perdas depende da causa que origina as perdas. Apresenta-se, seguidamente, uma breve lista dos fatores mais comuns (Alegre et al., 2004) :

- Tipo de solo e condições do terreno influenciam o modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;
- Estado das condutas e acessórios, material e frequência de fugas e roturas;
- Comprimento total de condutas;
- Pressão de serviço média quando o sistema está sob pressão;
- Percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado, relevante quando o sistema é intermitente;
- Número de comprimento dos ramais;
- Localização do contador domiciliário no ramal de abastecimento.



Figura 2.14- Perdas reais de água em sistemas de distribuição

De todos os fatores apontados anteriormente realça-se, pela sua comprovada relevância, cuja gestão influencia fortemente as perdas no sistema, sendo reconhecido que as pressões elevadas (Epal, 2015):

- Implicam maior quantidade de água consumida, quer pelas roturas quer pelos clientes;
- Estão associadas a uma maior taxa de avarias/roturas em condutas e acessórios;
- Aumentam a probabilidade de ocorrência de regimes transitórios hidráulicos, nomeadamente no arranque e paragem de grupos elevatórios e na manobra de válvulas de seccionamento. Os regimes transitórios hidráulicos podem provocar roturas em condutas, deslocar blocos de ancoragem ou danificar juntas.

2.4.2.MEDIDA DE CONTROLO DE PERDAS REAIS

O controlo de perdas reais é obtido através de um conjunto de medidas nomeadamente, a gestão da pressão na rede, o controlo ativo de perdas, a renovação de condutas e também a qualidade e rapidez na reparação das fugas, tal como é possível observar na Fig. 2.15 (Farley *et al.*, 2008)

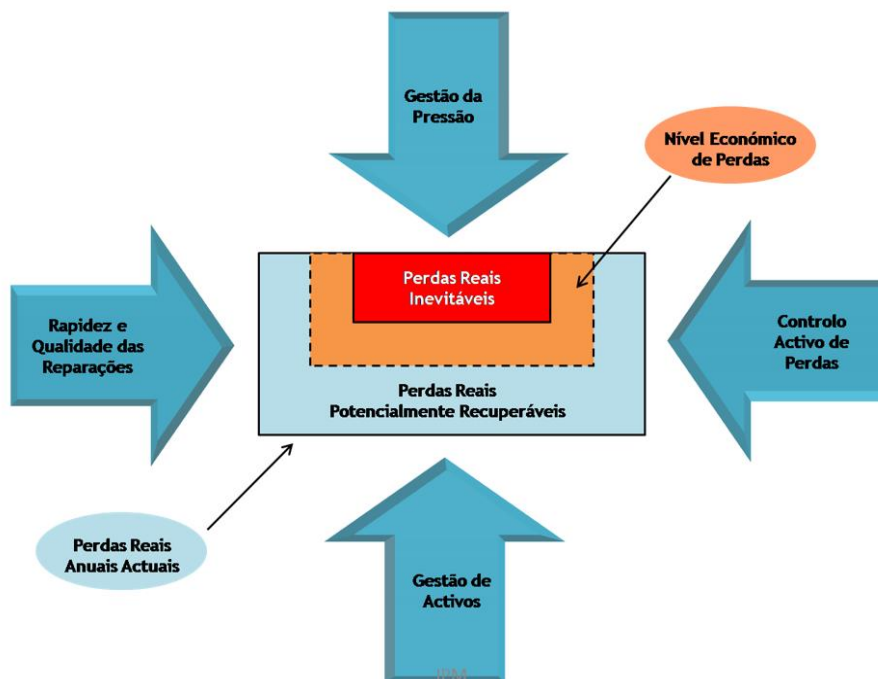


Figura 2.15- Metodologia de redução de perdas reais Adaptado:(Lambert, 2003)

Gestão da Pressão na Rede

Um dos elementos fundamentais para a gestão eficaz e eficiente das fugas é a gestão da pressão na rede, visto que o número de fugas na rede de distribuição está relacionado com a pressão aplicada pelas bombas ou por gravidade. Esta consiste em assegurar os níveis ótimos de serviço, de tal forma que a satisfação das necessidades dos clientes não seja colocada em causa. A gestão da pressão pode ser efetuada com recurso a válvulas redutoras de pressão (VRP) e a câmaras de perda de carga, no entanto, os equipamentos mais comuns e rentáveis são as VRP. Quando comparada com outras medidas de redução de perdas reais, a implementação de VRP apresenta, na maioria das situações, uma melhor relação custo-benefício (Pilcher et al., 2007).

Controlo Ativo de Perdas

O Controlo Ativo de Perdas (CAP) é um conceito vital para uma gestão eficiente e eficaz das fugas, nomeadamente no que diz respeito à sua deteção e identificação. O seu principal objetivo é reduzir o tempo de duração das fugas de água de forma a reduzir as perdas reais.

O CAP pode ser dividido em 3 fases principais:

1. **Consciencialização:** É essencial numa fase inicial monitorizar continuamente os caudais da rede de distribuição para detetar anomalias que conduzam à deteção de fugas. As zonas de medição e controlo permitem uma monitorização contínua de áreas específicas da rede de distribuição, possibilitando a rápida deteção até mesmo de pequenas fugas.
2. **Deteção:** Este processo consiste em restringir a investigação da localização das fugas a uma certa área, ou a uma secção específica da conduta. Para tal, fecham-se temporariamente as válvulas de uma certa zona ou recorrendo à utilização de *loggers* acústicos.

3. **Localização:** A localização das fugas requer vários métodos acústicos e não acústicos, nomeadamente hastes de escuta, geofones, correlação acústica, radares e injeções de gás (Fallis et al., 2011)

Renovação e Substituição de Conduatas

A degradação e envelhecimento das conduatas de abastecimento de água é um problema real que deve ser considerado no processo de redução de perdas reais. Por este motivo, torna-se extremamente importante a renovação e substituição das conduatas. A substituição ou renovação de conduatas requer um conhecimento detalhado das condições das mesmas e do estado de deterioração. Esta medida envolve avultados investimentos, exigindo assim uma corrente análise da viabilidade económica, sendo portanto uma decisão tomada quando as medidas anteriormente enunciadas não permitiram atingir o nível económico de perdas (Farley et al., 2008).

Qualidade e Rapidez na Reparação das Fugas

O período de tempo que decorre desde a deteção de uma fuga até à sua reparação, influência o volume de água perdido. Como é de fácil perceção, quanto mais tempo se demorar a detetar e reparar a fuga mais tempo durará a perda de água. Contudo, esta trata-se de uma medida complexa visto que requer uma mudança comportamental por parte dos serviços operacionais e das equipas de reparação. A qualidade e rapidez na reparação das conduatas contribui não só para a redução dos custos associados à quantidade de água poupada mas também para a diminuição de danos colaterais provocados pelas grandes roturas (Pilcher et al., 2007).

2.4.3. BALANÇO HÍDRICO

O volume de água perdido traduz a quantidade de água que, apesar de, introduzida no sistema, não chega, por diversas razões, a ser entregue ou faturada ao cliente final. A IWA (*International Water Association*), confrontada com a necessidade de avaliar o volume de perdas, desenvolveu uma série de investigações neste sentido, no âmbito do grupo *Water Loss Task Force*. Em 2000 apresenta então a ferramenta que viria a tornar-se a base de toda a análise que se efetua em torno desta temática – o balanço hídrico (BH) (Epal, 2015).

Um balanço hídrico consiste, resumidamente, numa análise económico-financeira onde são introduzidos os valores das componentes constituintes, ou seja, um quadro comparativo de receitas e despesas. O significado de cada um dos componentes é o seguinte (Epal, 2015):

- **Volume de água no sistema** – é o volume anual de água que entra no sistema de distribuição (pode ter origens diferentes, conforme seja captada numa fonte própria ou comprada a outra empresa);
- **Consumo autorizado** – é a soma do volume anual de água efetivamente consumida pelos clientes, quer este seja medido ou não medido;
- **Água não faturada (ANF)** – é a diferença entre o volume de água introduzido no sistema e o consumo autorizado que é efetivamente faturado. Assim, a ANF representa as perdas de águas acrescidas do consumo autorizado não faturado;
- **Perdas de água** – é a diferença entre o volume de água introduzido no sistema e o consumo autorizado, representando o conjunto de perdas reais e aparentes;
- **Perdas aparentes** – corresponde a consumos ilícitos, furtos e subfaturação devido a avarias de contadores ou idade avançada;

- **Perdas reais** – volume que anualmente se perde através de todo o tipo de fugas, roturas e extravasamentos das condutas, reservatórios e ramais, até ao ponto de medição do cliente.

Água entrada no sistema [m ³ /ano]	Consumo autorizado [m ³ /ano]	Consumo autorizado facturado [m ³ /ano]	Consumo facturado medido (incluindo água exportada) [m ³ /ano]	Água facturada [m ³ /ano]
			Consumo facturado não medido [m ³ /ano]	
	[m ³ /ano]	Consumo autorizado não facturado [m ³ /ano]	Consumo não facturado medido [m ³ /ano]	Água não facturada (perdas comerciais) [m ³ /ano]
			Consumo não facturado não medido [m ³ /ano]	
	Perdas de água [m ³ /ano]	Perdas aparentes [m ³ /ano]	Consumo não autorizado [m ³ /ano]	
			Perdas de água por erros de medição [m ³ /ano]	
		Perdas reais [m ³ /ano]	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
			Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) [m ³ /ano]	

Figura 2.16- Componentes do balanço hídrico (Alegre, 2005)

A base de cálculo do balanço hídrico deverá ser anual (12 meses completos), atenuando assim eventuais discrepâncias temporais entre locais de medição e de faturação, e deverá basear-se, preferencialmente, na medição efetiva de volumes. No entanto, quando essa medição não é possível, deve-se avaliar da forma mais rigorosa possível cada componente dos volumes e consumos de água. De modo a se conseguir obter os valores das componentes das perdas, utilizam-se duas abordagens complementares para que o cálculo e resultados apurados possam ser credíveis. (Epal, 2015):

- **Abordagem Top-Down** – é uma análise efetuada com recurso à informação existente, sendo suportada essencialmente por trabalho de gabinete, não existindo praticamente trabalho de campo. Neste tipo de abordagem procede-se inicialmente a uma análise mais abrangente das perdas e necessidade de intervenção para a globalidade da rede. Analisa-se os volumes entrados no sistema, os consumos autorizados faturados e não faturados e as perdas aparentes devidas a ligações ilícitas e potenciais erros de medição. Posteriormente, a análise evolui, da globalidade do sistema para áreas cada vez mais restritas, o que implica a determinação gradual das perdas aos vários níveis de discretização. Nesta abordagem as perdas são calculadas a partir da medição das diversas entradas no sistema, deduzidos os valores obtidos pelos sistemas de faturação de clientes.
- **Abordagem Bottom-Up** – utiliza-se esta abordagem em casos de sistemas setorizados e dotados de medição contínua, onde é possível calcular o volume de perdas reais a partir dos valores de caudais noturnos. Esta abordagem servirá como contraponto ao valor das perdas reais que foram calculadas pela abordagem *Top-Down* e baseia-se na análise do Caudal Mínimo Noturno (CMN) obtido com um elevado valor de certeza.

Para que seja possível implementar esta abordagem é necessário que a rede esteja estruturada e devidamente equipada, sendo analisada de forma setorizada através das ZMC (zonas de medição e controlo).



Figura 2.17- Abordagens *Top-Down* e *Bottom-Up* (Epal, 2015)

2.4.4. NÍVEL ECONÓMICO DE PERDAS

O nível económico de perdas (NEP) pode ser entendido como o limite, a partir do qual, o investimento em redução de perdas de água deixa de ser economicamente viável por ultrapassar o custo da água perdida. Esta noção é aplicável tanto às perdas reais como às perdas aparentes, como tal o NEP só é alcançado quando ocorrem simultaneamente os respetivos níveis económicos. Tal deriva do facto dos procedimentos para a minimização da redução das perdas reais serem independentes dos procedimentos para redução das perdas aparentes (Epal, 2015).

Na Fig. 2.18 apresenta-se, de forma simplificada, o conceito anteriormente introduzido. Com o aumento do nível de perdas, o custo da água perdida aumenta linearmente. Por outro lado, o custo do controlo ativo de perdas diminui com o aumento desse mesmo nível de perdas.

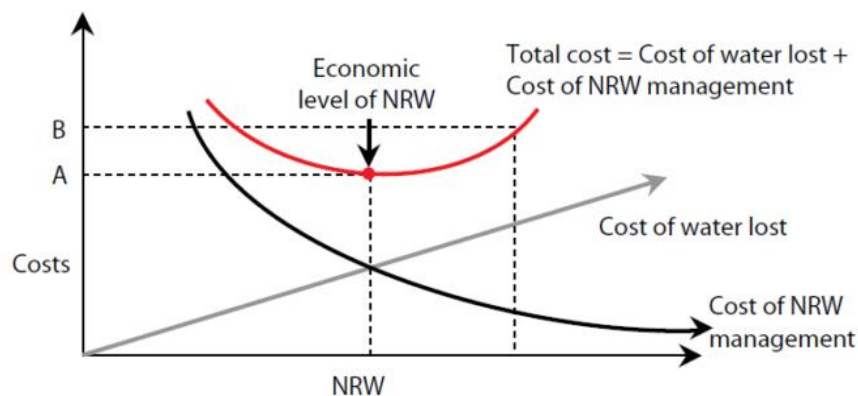


Figura 2.18- Nível Económico de Perdas (Farley et al., 2008)

É natural pensar-se que é de todo o interesse combater as perdas e reduzir o valor das mesmas até valores percentuais na ordem das unidades. No entanto, aproximar as perdas desses valores acarretaria para a entidade gestora mais prejuízos do que benefícios, uma vez que para atingir esses valores é necessário existir um investimento constante e cada vez maior. Eventualmente, em certo ponto, denominado nível económico de perdas, o preço de substituir uma conduta para rebaixar um ponto percentual supera o lucro obtido por essa mesma diminuição.

Importa então saber qual será o nível económico de perdas de cada EG. Este nível é variável de empresa para empresa dependendo de vários fatores. Por exemplo, num local onde exista água em abundância, sem necessidade de se pagar pela mesma, é aceitável que hajam perdas maiores de água nas condutas. Situação completamente oposta é o caso de locais onde a água é escassa e o preço da sua aquisição é elevado. Aqui torna-se relevante reduzir ao máximo as perdas de água nas condutas. O ideal, apesar de utópico, seria que praticamente toda a água adquirida fosse utilizada pelos clientes (Fernandes, 2014).

2.5. CONCEITO DE PERDAS APARENTES

É comum associar-se a definição de perdas de água a toda a água captada e tratada que, por algum motivo, não chega ao cliente final. No entanto, isso é apenas uma componente das perdas de água denominadas de perdas reais. O conceito de perdas de água engloba além das referidas perdas reais, também as perdas aparentes. De um ponto de vista empresarial, se o produto for entregue ao consumidor e, por alguma ineficiência, não for faturado ou subfaturado, tem-se um volume de produto que causou despesas à EG para ser produzido e transportado, mas do qual não se obtém receita. Assim sendo, define-se perdas aparentes como todos os tipos de imprecisões associadas às medições de água produzida, da água consumida e o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito). Estas perdas podem ser influenciadas por fatores sociais, culturais, políticos e financeiros, entre outros. Como tal são mais difíceis de localizar e requerem planos de ação a medio e longo prazo.

Este tipo de perdas representa em certos casos, um volume de água perdido mais elevado do que os de perdas reais, apesar de não ser o cenário mais comum. Além disto, é necessário ter em conta que as reduções das perdas aparentes aumentam a receita da EG, enquanto a diminuição das perdas reais reduz os custos de produção, ou seja, apesar de muitas vezes o volume de perdas aparentes seja inferior, pode ser economicamente mais interessante tratar as mesmas pois a tarifa da água será sempre superior ao custo de produção, chegando eventualmente a ser quatro vezes superior. Por este motivo, um pequeno volume de perdas aparentes terá um grande impacto financeiro na EG (Farley et al., 2008).

2.5.1. INDICADORES DE DESEMPENHO

A IWA recomenda que seja utilizado um indicador denominado *Apparent Loss Index* (ALI), para quantificar as perdas aparentes uma vez, que a medição com base apenas numa percentagem pode ser demasiado simplista. Assim sendo, o ALI relaciona o valor das perdas aparentes com um valor de referência de 5% da água faturada (Rizzo et al., 2007).

$$\text{Indicador de Perdas Aparentes (ALI)} = \frac{\text{Valor de Perdas Aparentes}}{5\% \text{ da Água Faturada}}$$

2.5.2. FATORES QUE CONSTITUEM AS PERDAS APARENTES

De uma forma genérica, as perdas aparentes podem ser caracterizadas por quatro componentes: erros de medição, erros humanos, erros informáticos e consumo não autorizado, que estão esquematicamente representados na Fig. 2.19. Visto a presente dissertação incidir sobre a problemática das perdas aparentes, apesar de se indicar neste subcapítulo quais as suas componentes, cada uma merecerá uma análise mais detalhada e individualizada posteriormente.

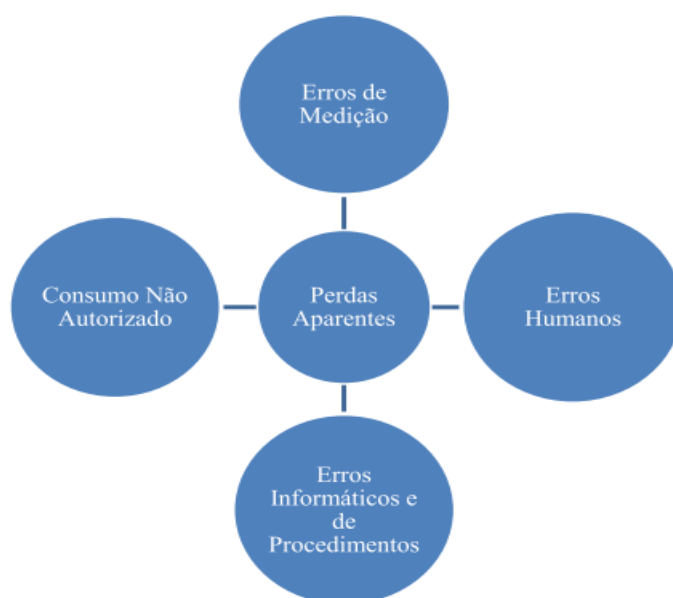


Figura 2.19- Componentes das perdas aparentes (Teixeira, 2014)

Uma pequena fração dos elementos constituintes das perdas aparentes são inevitáveis, como os erros informáticos e de procedimentos. Contudo é sempre necessário realizar um esforço no sentido de reduzir esses erros e mantê-los no mínimo valor possível, sabendo que o mesmo nunca será nulo. Relativamente aos erros humanos, apesar de também não representar uma grande percentagem das perdas aparentes, tem uma solução que está a ser cada vez mais implementada na EG, que é nomeadamente a telegestão. Este tema da telegestão merecerá uma análise mais aprofundada. Quanto às outras duas parcelas, correspondem à percentagem mais significativa, e sendo perdas recuperáveis é do maior interesse da EG reduzir essas perdas.

2.5.3. ERROS DE MEDIÇÃO

Um dos fatores mais preponderantes e mais significativos das perdas aparentes são os erros de medição associados aos contadores. Pelas mais diversas razões, tais como a incorreta instalação, a falta de calibração e até a deterioração, um contador acaba por apresentar valores afetados de um determinado erro.

Os erros de medição devem-se essencialmente a incorreções de contagem do contador e são tanto maiores quanto menor for o caudal. Esta afirmação está fundamentada na forma como a medição do caudal é efetuada pelo contador. Um caudal demasiado pequeno não é capaz de ativar o mecanismo presente no contador e como tal o volume não é medido. Este fenómeno tende ainda a aumentar com o tempo e com o deterioramento do contador (Rizzo, 2007).

Tal como qualquer outro equipamento mecânico, os contadores de água vão perdendo a precisão de medição ao longo do tempo devido ao desgaste, o que provoca uma diminuição de receita por parte da EG. A deterioração do contador não ocorre apenas devido ao desgaste, está também relacionada com as próprias características da água medida, uma vez que, a precisão diminui mais rapidamente quanto mais agressiva física e quimicamente for a água e quanto maior for a concentração de sólidos suspensos (Rizzo, 2007).

Outra condicionante da durabilidade e precisão dos contadores é a correta instalação dos mesmos. Certos tipos de contadores a jato são dimensionados para serem instalados horizontalmente, e podem ter um fraco desempenho quando sua instalação não segue a especificação determinada, devido ao aumento do atrito das peças móveis, que a médio ou longo prazo influencia significativamente a precisão do contador (Malheiro, 2011).

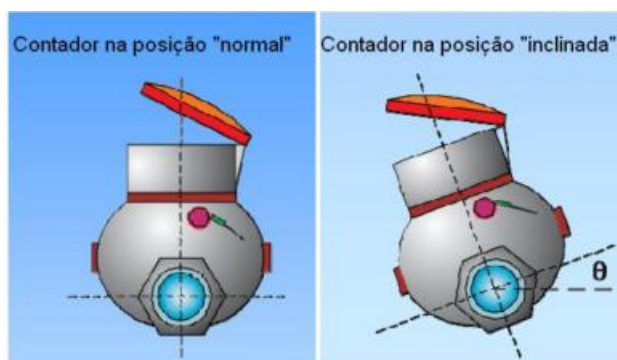


Figura 2.20- Esquema da instalação do contador (Malheiro, 2011)

Por vezes também se verifica uma deterioração mais rápida com a utilização de águas sazonais, como acontece em cidades pequenas com a quase totalidade da população flutuante, onde os contadores permanecem parados durante quase todo o ano (Arregui, Jr, Cobacho, & García-serra, 2005).

Por fim, existe ainda a tendência em adotar contadores de maiores dimensões, de modo a atender a possíveis aumentos no consumo ou por preocupação por eventuais perdas de carga. Nesses casos, esta atitude pode implicar que o contador venha a trabalhar na parte inferior da sua escala de desempenho, logo em sub contagem. Por outro lado, um subdimensionamento proporciona um desgaste mais elevado do contador. Assim, o registo do volume na altura da instalação do contador é realizado com elevada precisão. No entanto, permanece com este rigor por um curto período de tempo. Deste modo, percebe-

se a extrema importância da consideração dos corretos padrões de consumo no momento do dimensionamento (Arregui et al., 2005).

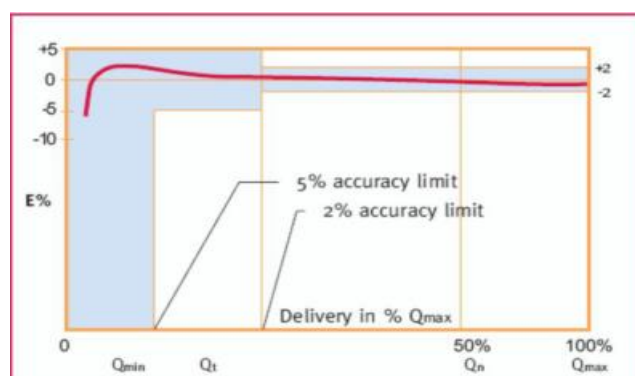


Figura 2.21 – Curva de erro de um contador (Yaniv, n.d.)

A curva de erro de um contador apresenta quatro pontos principais ao longo da amplitude de caudais aconselhável: caudal mínimo (Q_{\min}), caudal de transição (Q_t), caudal nominal (Q_n) e caudal máximo (Q_{\max}). Um contador novo (multijacto classe B, por exemplo) com desempenho ideal, antes de atingir o caudal mínimo de dimensionamento apresenta um erro bastante significativo e de grande variabilidade. Ultrapassado esse valor o contador deve apresentar um erro máximo de 5%. Já com o caudal nominal pode-se esperar um erro inferior a 2% até ser alcançado o caudal máximo, que é por duas vezes o caudal nominal (Yaniv, n.d.).

Analizados os principais aspetos que contribuem para o acréscimo dos erros de medição e entendendo que estes são considerados como uma importante componente das perdas aparentes, é de todo o interesse da EG definir uma estratégia de preservação do seu parque de contadores. Essa estratégia deve ser definida tomando em conta o custo potencial da implementação das políticas em relação ao potencial de rendimento.

2.5.4. ERROS HUMANOS E INFORMÁTICOS

Apesar de no cerne de todos os tipos de perdas analisados estar associado a “mão do Homem”, consideram-se como erros humanos as leituras mal interpretadas que podem ocorrer devido a negligência, falta de aptidões profissionais das equipas de leituras, ou inexperiência das mesmas. Eventualmente, até o mau estado do contador ou a localização de difícil acesso podem levar a erros simples como a troca de uma vírgula ou de um algarismo.

Numa determinada rede é impossível avaliar todo esse conjunto de fatores mensalmente. Daí a recolha de dados ser, normalmente, de dois em dois meses. Uma EG de abastecimento de água tem normalmente técnicos especializados, com o conhecimento necessário para interpretar leituras dos contadores. São acompanhados por um plano de trabalho definido que indica o caminho a percorrer e os contadores a analisar. A rota efetuada pelo técnico deve ser estudada de modo a apresentar um maior nível de eficiência. O técnico pode ser – nas EG mais dotadas e modernizadas, acompanhado por um PDA que está ligado à base de dados dos clientes da EG, e que fornece todas as informações necessárias (Teixeira, 2014).

Como é de fácil entendimento, este tipo de erros aparenta ser facilmente detetável, uma vez que, em princípio, apresentaram padrões de valores sem coerência. No entanto, na realidade isto não se sucede.

Numa Empresa com milhares de dados de clientes como são quase todas as Empresas prestadoras deste género de serviços, estes pequenos erros de leitura acabam por passar despercebidos.

Os erros informáticos vêm de encontro aos erros humanos. Os erros informáticos e de procedimentos, ocorrem durante a transmissão e processamento dos dados das leituras. A emissão de faturas sobre volumes de águas irreais ou o envio de faturação para um cliente errado são exemplos de incoerências nos sistemas informáticos que podem ocorrer com alguma frequência (Malheiro, 2011).

As principais causas dos erros informáticos são as falhas de *software*, através de erros de programação. Caso a empresa não possua um bom filtro de dados, que lhe permita detetar e corrigir erros precocemente, eles permanecem no sistema criando problemas de gestão (Malheiro, 2011).

2.5.5. CONSUMO NÃO AUTORIZADO

O consumo não autorizado é um dos principais fatores constituintes das perdas aparentes, sendo apenas superada em percentagem pelos erros de medição. Estes consumos caracterizam-se geralmente por furtos de água que resultam de um comportamento ilegal do cliente conectando-se à rede sem autorização, ou pela manipulação de alguma parte do medidor visando prejudicar as suas características metrológicas. O consumo não autorizado pode entender-se resumidamente como uma perda de água devida a ações humanas.

As ligações ilícitas por norma ocorrem em zonas de construção clandestina e em zonas de baixa segurança, onde eventualmente até proceder ao corte do fornecimento se torna complicado. A ocorrência de ilícitos está relacionada com o contexto externo, no entanto cabe à EG tomar medidas para reduzir os efeitos destas situações (Alegre, 2005).

As ações propositadas de alguns clientes passam maioritariamente por alterações no normal funcionamento do contador. As mais conhecidas formas de sabotagem são então:

- Agulhas nos contadores;
- “*Bypass*” em paralelo ou em vez do contador;
- Ramais clandestinos;
- Contadores instalados ao contrário.

A colocação de agulhas nos contadores corresponde à realização de um furo na cobertura do contador e que é normalmente efetuado com recurso a um metal aquecido. Introduce-se então uma agulha nesse furo que, consequentemente paralisa o movimento da parte rotativa do contador. Assim sendo, só a parte inferior do contador, onde se localiza a turbina continua o movimento, não sendo transmitido o registo do aumento do volume para o mostrador do contador (Pereira, 2007).



Figura 2.22 – Contador violado com furo na cúpula (Pereira, 2007)

Outro dos processos utilizados para usufruir da água fornecida pela empresa sem ter de pagar por ela é a ligação do tipo “bypass”. Esta ligação consiste na criação de um ramal que nasce no ramal público ou predial que não passa pelo elemento de contagem. Em muitos casos, esta conduta encontra-se enterrada e como tal a sua deteção torna-se difícil. Muitas das vezes, os clientes usam este tipo de ligação clandestina logo no início do abastecimento, o que cria junto das EG um histórico de consumo que não corresponde à realidade e não permite a deteção de alguma anomalia através da análise dos padrões de consumo (L. Pereira, 2007).

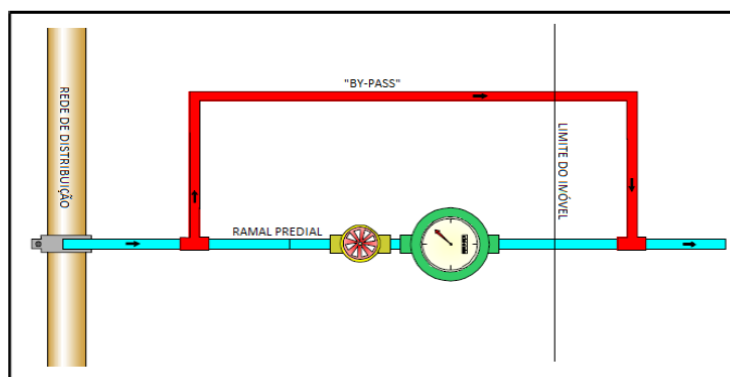


Figura 2.23 – Representação esquemática de uma ligação do tipo “bypass” (Lédo, 1999)

No caso da ligação direta, existe um ramal ligado diretamente à rede de distribuição que abastece a habitação, não passando pelo contador. Nestes casos, apesar da existência de ligação predial o consumidor instala um novo ramal até ao interior do edifício. Este tipo de ligação é bastante comum em áreas de abastecimento pouco urbanizadas. (L. Pereira, 2007)

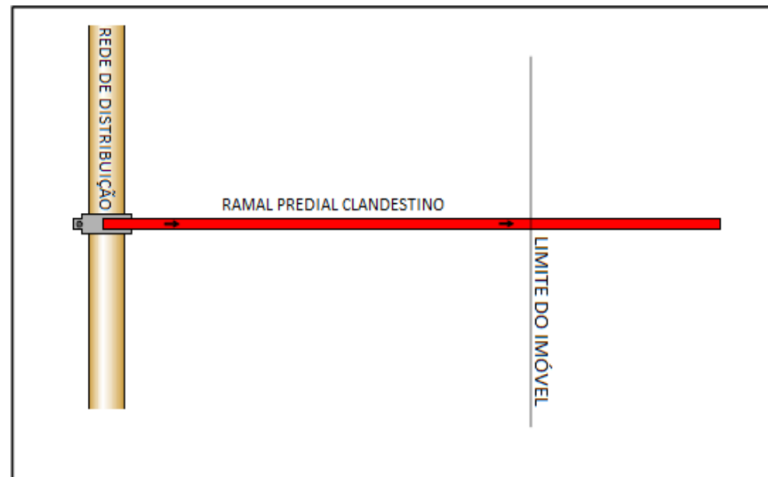


Figura 2.24 – Representação esquemática de uma ligação direta (Lédo, 1999)

A inversão do sentido do escoamento no contador é uma das mais conhecidas formas da prática do consumo não autorizado. No entanto, como o contador possui uma seta que aponta o sentido do escoamento, este tipo de fraude pode ser de mais fácil deteção (L. Pereira, 2007).

Sendo estes os métodos mais comuns de conseguir consumir água de um método não autorizado, existe outro leque de métodos com grande diversidade. É frequente as empresas distribuidoras depararem-se com novas e engenhosas formas de consumir água indevidamente (Arregui *et al.*, 2006)

2.5.6.COMBATE ÀS PERDAS APARENTES

Como já foi visto anteriormente, as perdas aparentes são uma componente das perdas totais de água que interessa à EG reduzir, não só pela percentagem considerável que normalmente representam, mas também por significarem um acréscimo de receita superior à redução das perdas reais, devido ao preço da tarifa da água. Assim sendo, existe um conjunto de metodologias que podem ser aplicadas no controlo ativo das perdas que incluem a gestão cuidada do parque de contadores, implementação de uma política de combate aos consumos não autorizados e o controlo do manuseamento dos dados de faturação.

É importante entender que as perdas aparentes são de natureza dinâmica. Isto é, para se manter um nível satisfatório de perdas é necessária uma gestão constante das mesmas. Um dos casos mais exemplificativos é o dos contadores. Quando se iniciar uma campanha de substituição de contadores durante um período de 5 anos, é necessário perceber que, ao mesmo tempo, os restantes contadores estarão a envelhecer ainda mais, e os resultados benéficos da mudança de determinado número de contadores podem ser diminuídos com o envelhecimento dos outros (A Rizzo *et al.*, 2007).

De modo a se conseguir reduzir de forma eficaz os erros enunciados anteriormente, é necessário, antes de tudo, delinear uma estratégia. Para o efeito, apresenta-se de seguida uma figura com os passos mais importante a ter em conta na estratégia de combate às perdas aparentes (Rizzo *et al.*, 2007)

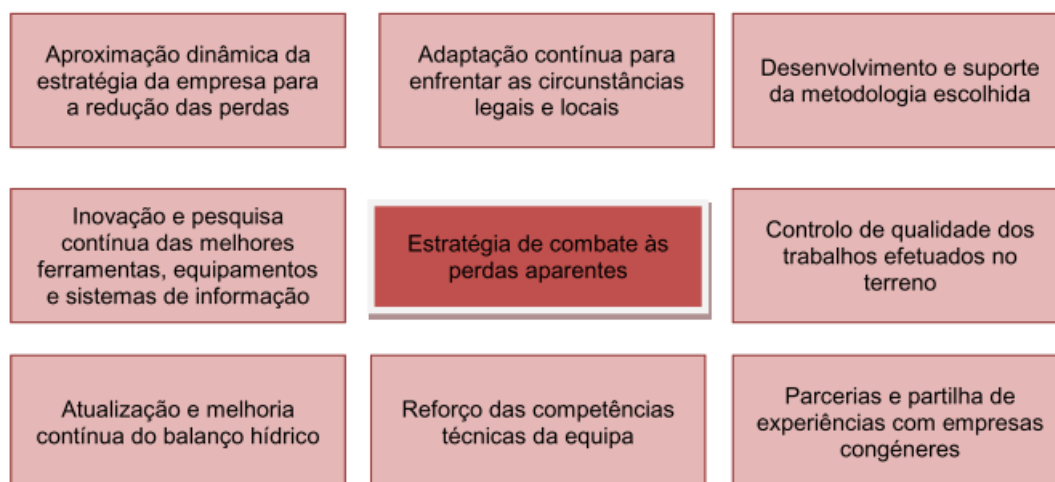


Figura 2.25 – Estratégia de combate às perdas aparentes (Rizzo, 2006)

Após a contextualização do problema inerente às perdas aparentes, e de enunciadas as causas das mesmas, torna-se então oportuno identificar discriminadamente quais as medidas mais adotadas para as reduzir.

- **Erros de medição**

Existe uma grande dificuldade em medir caudais consideravelmente baixos, isto é, a globalidade dos contadores simplesmente não mede caudais inferiores a 12 litros por hora. Para combater este problema surgiu uma solução inovadora com a designação de *Unmeasured Flow Reducer* (UFR). O seu principal objetivo é reduzir as perdas aparentes, alternando o regime de caudais através do contador aquando da ocorrência de baixas pressões. O UFR permanece fechado enquanto a diferença a montante para jusante for baixa, mas permite a livre passagem do caudal quando a pressão se acentuar (Yaniv, n.d.).

O UFR regula o caudal em todos os instantes, de tal forma que apenas permite a passagem de água pelo contador quando este consegue medi-la. Inicialmente o UFR permanece fechado, até que a pressão a montante atinja o limite de abertura. De seguida, o UFR permite a passagem de água pelo contador, após este ter já adquirido uma velocidade tal que permite que a sua contagem seja eficaz. Por fim, quando a pressão a montante se aproxima da verificada a jusante, a válvula é fechada de novo, impossibilitando a passagem de pequenos caudais que não seriam contabilizados. Na Fig. 2.26 apresenta-se um esquema que ajuda a entender o método.

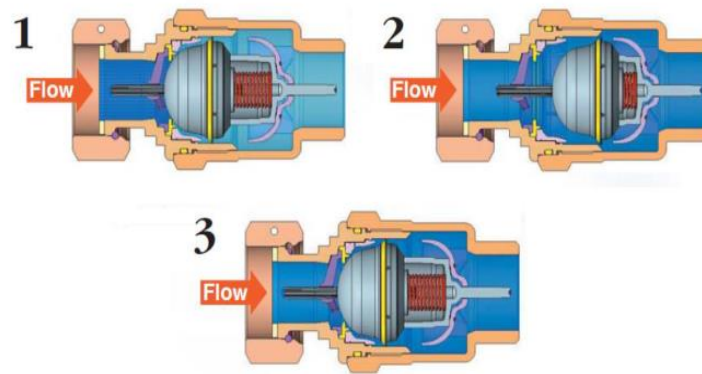


Figura 2.26 – Funcionamento do UFR (Yaniv, n.d.)

Outra medida aplicada no combate às perdas aparentes é a gestão e consequente substituição do parque de contadores. A subcontagem além de reduzir as receitas por via da faturação, também impossibilita a correta avaliação das perdas reais, uma vez que estão são estimadas com base nos consumos faturados.

Em muitos países desenvolvidos, devido às regulações nacionais e locais, os contadores devem ser verificados e substituídos após um determinado período de tempo. No entanto, esta política deve sempre basear-se numa análise custo-benefício Fantozzi

Ferréol (2005) propõe uma análise à eficiência do parque de contadores, de modo a verificar a sua real necessidade de substituição. Ferréol (2005) sugere então uma primeira abordagem que consiste na substituição em grande escala de contadores (5000-10000). Alternativamente poderá fazer-se o mesmo teste, mas em pequena escala (5-20), contadores novos instalados em série com os já existentes. A diferença entre o facturação novo e o anterior dita a ineficiência do parque de contadores.

- **Erros humanos e informáticos**

Uma forma de redução dos erros humanos passa pela substituição das tabelas de recolha de leituras por aparelhos coletores, no quais no momento de recolha a leitura pode ser comparada com a média dos consumos anteriores do cliente assim como com a última leitura (Malheiro, 2011).

Existem também medidas no sentido de aumentar a credibilidade dos dados recolhidos como: auditorias aos relatórios de campo e auditorias ao número de leituras estimadas (este deve ser inferior ao número de leituras reais).

Na redução dos erros humanos, a telemetria pode desempenhar um papel importante, pela simples razão da eliminação do elemento humano e, também, por permitir todos os meses, ou até em períodos inferiores ter acesso à leitura real. No entanto, como a telemetria é considerada um aspeto importante e uma tendência a adotar cada vez por partes dos SAA, será melhor explorada no capítulo seguinte.

Quanto aos erros informáticos, a sua redução passa pela adoção das melhores ferramentas de contabilidade de água e constante vigilância. Os métodos usados pelos “*software*”s geralmente são bastante similares. É feita uma comparação da água que é fornecida com a soma dos volumes faturados na mesma área. É assim fulcral a existência de dados atualizados, de modo a que a empresa tenha conhecimentos em tempo real dos níveis de perdas a combater.

- **Consumo não autorizado**

Os consumos não autorizados podem ser combatidos essencialmente com campanhas de monitorização. Para a deteção de *bypass* pode ser retirado o contador e de seguida fechar o abastecimento. Caso haja retorno de água, mede-se a pressão. Confirmando que esta se encontra ao nível da pressão da rede, isso confirma a existência de “*bypass*” (Lédo, 1999).

Não existindo retorno de água depois do procedimento anterior, deverá ser feita uma inspeção predial completa com tomadas internas de pressão para comparação com a pressão da rede (Lédo, 1999).

Outra das possibilidades de se recorrer ao consumo não autorizado como já foi identificado anteriormente é adulterando o contador. Para esta prática não existe nenhuma metodologia definida, sendo a visualização presencial do contador a solução atualmente mais adotada. No entanto, uma das possíveis soluções é a já referida telemetria. Com esta tecnologia, a ocorrência de desmonte de contador, paragem, remoção ou inversão do sentido do escoamento são automaticamente detetadas através de um alerta emitido pelo dispositivo.

2.6. TELEMETRIA

O conceito de telemetria consiste, de uma forma geral, num sistema de recolha de dados, armazenamento e transmissão da informação das leituras dos contadores em sinal digital, reduzindo o tempo de recolha pelos serviços das leituras dos contadores e transposição das mesmas para a base de dados da Entidade Gestora (Gerwen *et al.*, 2006)

Depois de introduzir o conceito de telemetria, importa contextualizar a sua importância e utilidade. Esta tecnologia é importante do ponto de vista financeiro, visto permitir as leituras reais sempre que assim seja pretendido, possibilitando também a deteção de fraudes e ilícitos. No entanto, não se fica por aqui o interesse desta tecnologia a mesma permite elevar bastante o grau de eficiência da empresa, nomeadamente no rigor de aferição das perdas, mas também de satisfação do cliente. Num ponto inicial da implantação, o objetivo é claramente obter as leituras com rigor, contudo, numa etapa seguinte a entidade gestora poderá emitir alertas aos seus clientes caso detete consumos anormais em tempo real, tornando assim a missão de poupança de água por parte do cliente mais fácil.

Na Fig. 2.27, apresenta-se a evolução dos métodos convencionais de medição para os sistemas de telemedição.

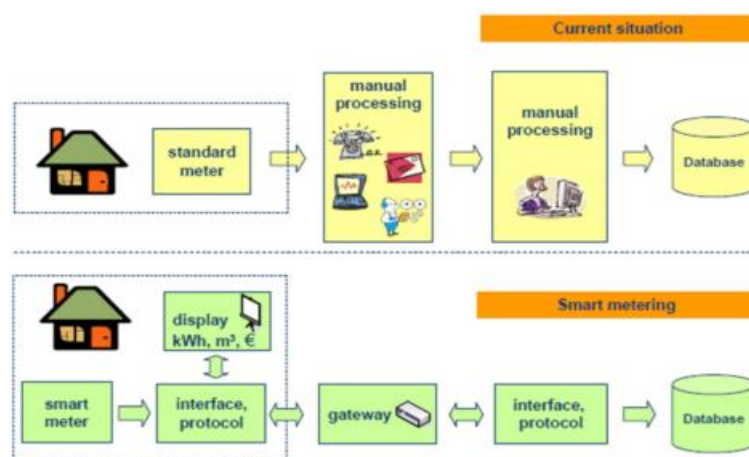


Figura 2.27 – Evolução dos sistemas de telemedição (Pacheco, 2010)

Os sistemas de telemetria começaram a ser instalados por volta do ano de 1985, nos Estados Unidos. No entanto, como é perceptível, este é um sistema que depende muito de tecnologia sofisticada que à data não era tão acessível como nos dias de hoje, fazendo com que não se mostrasse bem sucedido (Medeiros *et al.*, 2007).

Nos últimos anos, graças ao avanço tecnológico, principalmente nas áreas da comunicações o sistema de telemetria tornou-se cada vez mais viável, começando a ser introduzindo gradualmente em Portugal em muitas EG.

2.6.1.CONSTITUIÇÃO DE UM SISTEMA DE TELEMETRIA

Estes sistemas são constituídos por quatro elementos principais. O primeiro poderá ser considerado como a unidade local que faz a coleta de leituras, o seu registo e a transmissão. Uma outra unidade, é composta por um concentrador-totalizador que recebe as leituras de um conjunto de contadores, armazena-as e transmite-as para a unidade remota de processamento de dados com a frequência pré-definida. A terceira unidade é destinada à recolha e processamento de dados, à qual a EG acede diretamente. O quarto e último elemento é o sistema de comunicações que faculta a transmissão de dados em diferentes momentos (Medeiros et al., 2007). Na Fig.2.28 apresenta-se cada elemento e a interação entre si.

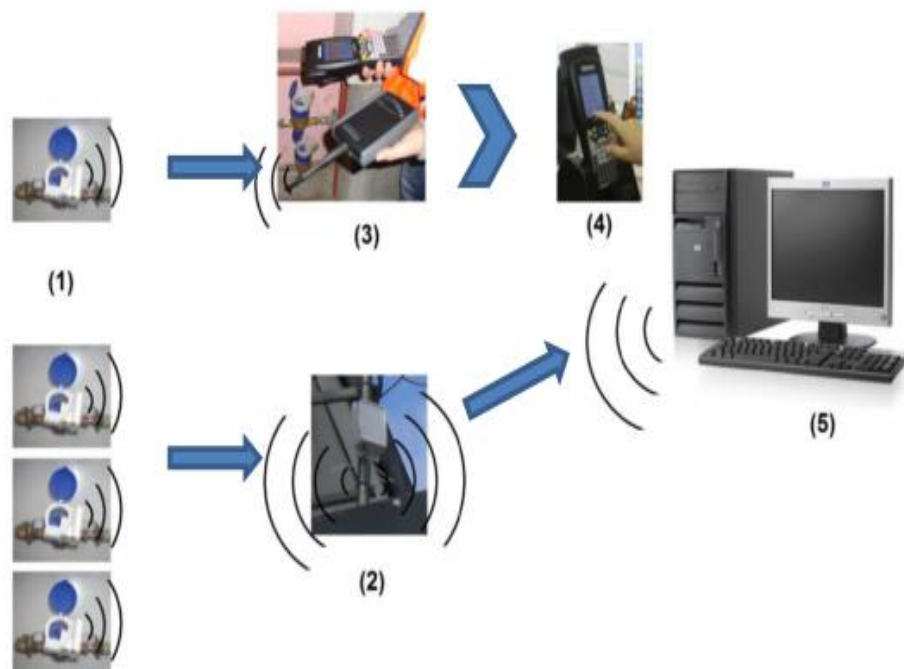


Figura 2.28 (1) – Contador e emissor de impulsos (2) – Concentrador (3) – Sistema *Drive-by* (4) – Descarga dos dados na EG (5) – EG (Malheiro, 2011)

Os sistemas de telemetria domiciliária (STD) permitem a recolha de dados de diferentes modos, não necessitando obrigatoriamente de dispor de um concentrador. Se este elemento não for incorporado no sistema, a recolha de dados pode ser feita através de dispositivos portáteis ou móveis “*walk-by*” ou

“drive-by”, respetivamente, obrigando a que um leitor se desloque às proximidades do contador. Nos sistemas “walk-by” existe a necessidade de uma maior aproximação dos terminais portáteis de leitura (TPL) da unidade local, uma vez que o alcance é inferior ao conseguido no sistema “drive-by” (Medeiros et al., 2007).

Cruzando os dados a vários níveis de telemetria possibilita um mais preciso conhecimento da situação da rede e um apoio à sectorização. Uma EG pode ter telemetria aos seguintes níveis (Medeiros et al., 2007):

- Nível I – Na adução e transporte;
- Nível II – Nas áreas de influência de reservatórios e zonas de medição e controlo (ZMC);
- Nível III – Em grandes consumidores e contadores totalizadores em edifícios;
- Nível IV – Em consumidores individuais.

2.6.2.POTENCIALIDADES DOS STD

Os STD apresentam uma ampla gama de mais-valias que podem justificar a sua instalação. Os dados recolhidos com esta tecnologia podem ser usados numa grande diversidade de serviços, o que poderá tornar bastante interessante o uso deste equipamento. Como tal, apresentam-se de seguida um conjunto de vantagens associadas à implementação deste sistema (Fernandes, 2014):

- Fiabilidade dos dados recolhidos, que acarreta uma diminuição do trabalho administrativo, evitando também a possibilidade de ocorrência de erros associados à transição manual das leituras, quer para um terminal portátil, quer para o papel.
- Redução da faturação por estimativa.
- Redução das perdas. Através das datas fixas de leitura é possível efetuar o cálculo do consumo da rede de abastecimento de água e identificar as áreas críticas onde atuar.
- Aumento da produtividade. O sistema de telemetria adapta-se a qualquer lugar, mesmo aqueles como difícil acesso, quase impossíveis de retirar as leituras.
- Deteção de fugas com definição da data e hora da ocorrência. Tanto para a EG como para os clientes, é possível ter uma ferramenta que detete possíveis fugas ou ruturas nos sistemas de abastecimento.
- Deteção de escoamento em sentido contrário. Como já foi visto uma das possibilidades de consumo ilícito é através do escoamento em sentido contrário. Com os sistemas de telemetria é possível identificar esse consumo e ainda quantificá-lo.
- Identificação do perfil do consumidor, o que permite uma melhor gestão do consumo e da distribuição da água.
- Gestão de tarifas bi-horárias ou sazonais. Apesar de em Portugal ainda não se falar em cobrança de água utilizando um sistema bi-horário, esta funcionalidade poderá tornar-se bastante útil no caso de clientes que apresentem picos de consumo elevados em determinados períodos do dia, o que obriga a EG a efetuar uma sobrecarga de pressão no sistema de distribuição.
- *Data-logging* com intervalos programáveis. Permite um acompanhamento mais detalhado de um determinado cliente.
- Deteção de fraudes e de contadores parados, de um modo relativamente fácil, o que permite à EG agir de forma rápida na resolução da situação.

Apesar da telemetria apresentar inúmeras vantagens que contribuem para um aumento da eficiência de um SAA, há que analisar com cuidados os custos associados à sua instalação e posterior manutenção. É sem dúvida o futuro para que todas as EG caminhem. No entanto, é necessário efetuar um crescimento sustentado, e na grande maioria delas existe ainda um longo caminho a percorrer até se proceder à implantação da telemetria.

3

CASO DE ESTUDO

3.1. ENQUADRAMENTO

O presente capítulo tem como objetivo a identificação e descrição do caso de estudo utilizado para analisar e determinar o nível de perdas aparentes num sistema de abastecimento e a influência no mesmo. De modo a atingir o objetivo proposto foram utilizados dados de consumo relativos ao reservatório de Cimo da Inha, e da correspondente ZMC, integrados no Sistema Municipal de Arouca e cuja exploração é da responsabilidade da empresa Águas do Norte, S.A.. O presente capítulo integra ainda uma descrição sumária do funcionamento e organização da empresa, uma síntese abrangente do Sistema Municipal de Arouca, e uma abordagem mais detalhada à ZMC em estudo.

3.2. ÁGUAS DO NORTE, S.A.

3.2.1. DESCRIÇÃO, ATIVIDADE E PRESENÇA

A Águas do Norte, S.A. foi constituída mediante a agregação das empresas Águas do Douro e Paiva, S.A., Águas do Noroeste, S.A., Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. e SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A., integradas no Grupo Águas de Portugal. No seguimento dessa agregação, foi-lhe atribuída, pelo Estado, em regime exclusivo, a concessão da exploração e da gestão do sistema multimunicipal de abastecimento de água e saneamento do Norte de Portugal, pelo prazo de trinta anos.

Estruturalmente, a Águas do Norte, S.A., apresenta-se organizada tal como no organograma da Fig.3.1.

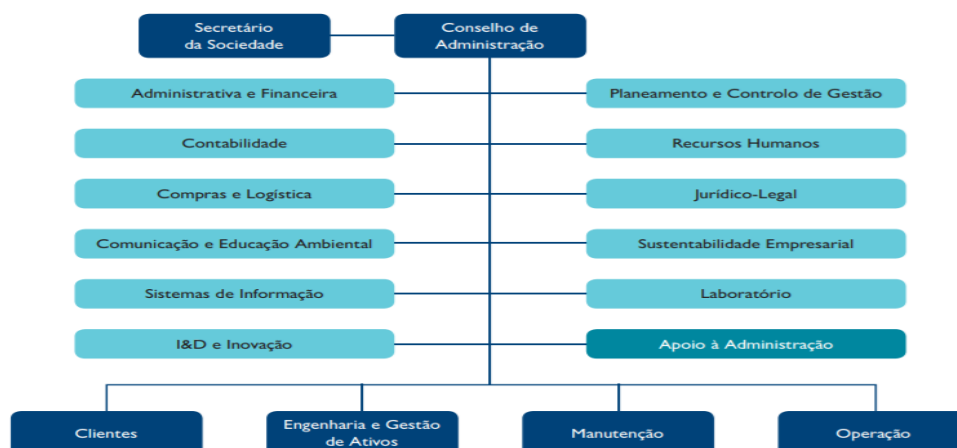


Figura 3.1 – Organograma da Águas do Norte, S.A. (Águas do Norte, 2017).

Em 2017, ambos através de um processo de cisão, são criados um novo sistema multimunicipal de abastecimento de água a sul do Grande Porto e o novo sistema multimunicipal de saneamento do Grande Porto.

Atualmente, a empresa Águas do Norte é a entidade gestora que é responsável pela gestão de dois sistemas, um multimunicipal em “alta” e um municipal em “baixa”.

O sistema multimunicipal em “alta” (Fig. 3.2) abrange a captação, o tratamento e o abastecimento de água para consumo público e a recolha, o tratamento e a rejeição de efluentes domésticos, urbanos e industriais e de efluentes provenientes de fossas sépticas. Este sistema resultou da agregação de dois extintos sistemas, o de abastecimento e de saneamento de Trás-os-Montes e Alto Douro, e do Noroeste e integra como utilizadores os seguintes municípios:

- No abastecimento de água e saneamento de águas residuais, os municípios de Alfândega da Fé, Alijó, Arcos de Valdevez, Armamar, Boticas, Bragança, Caminha, Celorico de Basto, Chaves, Esposende, Fafe, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Macedo de Cavaleiros, Melgaço, Mesão Frio, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Monção, Mondim de Basto, Montalegre, Murça, Paredes de Coura, Peso da Régua, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Póvoa do Lanhoso, Póvoa de Varzim, Resende, Ribeira da Pena, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, Santo Tirso, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Trofa, Valença, Valpaços, Viana do Castelo, Vieira do Minho, Vila do Conde, Vila Flor, Vila Nova de Cerveira, Vila Nova de Famalicão, Vila Nova de Foz Côa, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real e Vinhais;
- No abastecimento de água, os municípios de Barcelos, Maia;
- No saneamento de águas residuais os municípios de Amarante, Amares, Cabeceiras de Basto, Felgueiras, Guimarães, Lousada, Terras de Bouro, Vila Verde e Vizela.

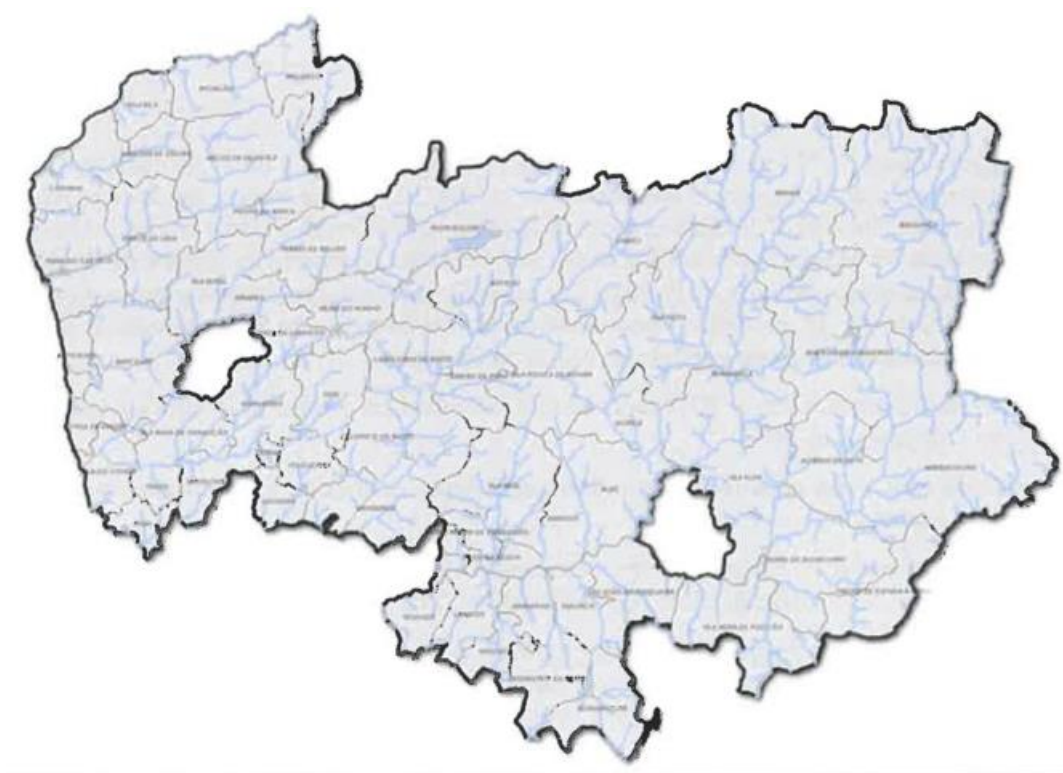


Figura 3.2 – Área e Municípios abrangidos pelo Sistema Multimunicipal do Norte de Portugal (Águas do Norte, 2017)

A Águas do Norte, S.A., sucedeu, à Águas do Noroeste, S.A., na exploração e gestão dos sistemas de águas, como resultado de uma parceria pública, entre o Estado Português e os municípios de Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Basto, Cinfães, Fafe, Santo Tirso e Trofa (Fig.3.3). Com a realização desta parceria, a empresa passou a assegurar os serviços de abastecimento de água em “baixa” aos municípios de Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Bastos, Cinfães, e de saneamento a Fafe, Santo Tirso e Trofa. Esta atividade, garante de forma regular, contínua e eficiente, a prestação de serviços de água e construção ou renovação das redes em “baixa” a mais de 80.000 clientes.

A sustentabilidade na utilização de recursos naturais e a preservação da água enquanto recurso estratégico essencial à vida, o equilíbrio e melhoria da qualidade ambiental, a equidade no acesso aos serviços básicos e a promoção do bem-estar através da melhoria da qualidade de vida são valores fundamentais do grupo AdP, integralmente subscritos pela Águas do Norte, S.A..

Todo o trabalho realizado na empresa é sustentado na premissa de conceber, construir, explorar e gerir o sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal, num quadro de eficiência e sustentabilidade económica, social e ambiental, contribuindo assim para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos e para o desenvolvimento socioeconómico da região.

A atuação da Águas do Norte, S.A., rege-se por uma conceção, construção e operação das instalações e processos que desenvolve responsável, com o intuito de garantir o uso eficiente e sustentável dos recursos, minimização dos impactos negativos e a prevenção da poluição decorrente da sua atividade. A visão para o futuro, passa por ser uma empresa de referência no setor da água em termos de qualidade do serviço público prestado e um parceiro ativo para o desenvolvimento das várias regiões em que se insere (Fig.3.4).



Figura 3.4 – A visão da Águas do Norte, S.A. (Águas do Norte, 2017)

3.3.SISTEMA MUNICIPAL DE AROUCA

Sendo o caso de estudo da presente dissertação o Município de Arouca, torna-se importante fazer uma contextualização do município, e também da capacidade infraestrutural da empresa no mesmo.

O atual concelho de Arouca é composto por vinte freguesias e resultou de uma evolução que se processou ao longo de alguns séculos, e está integrado no distrito de Aveiro. A área territorial do município é de 329,11 km² e conta com uma população de 22.359 habitantes, sendo a vila de Arouca a sede do concelho e onde se concentro a maior densidade populacional.

O Sistema de Abastecimento de Água do Município de Arouca (SAA-Arouca) integra o Sistema de Águas da Região Noroeste (SARN) (Fig.3.5). A Águas do Norte, S.A. é a responsável pela exploração

e gestão deste sistema de abastecimento de água em baixa, no seguimento de uma parceria celebrada entre a Administração Central (Estado) e a Administração Local (Municípios). As atividades de projeto, construção, manutenção e reabilitação são responsabilidade desta Entidades Gestora (Cardoso-Gonçalves & Tentugal-Valente, 2017).

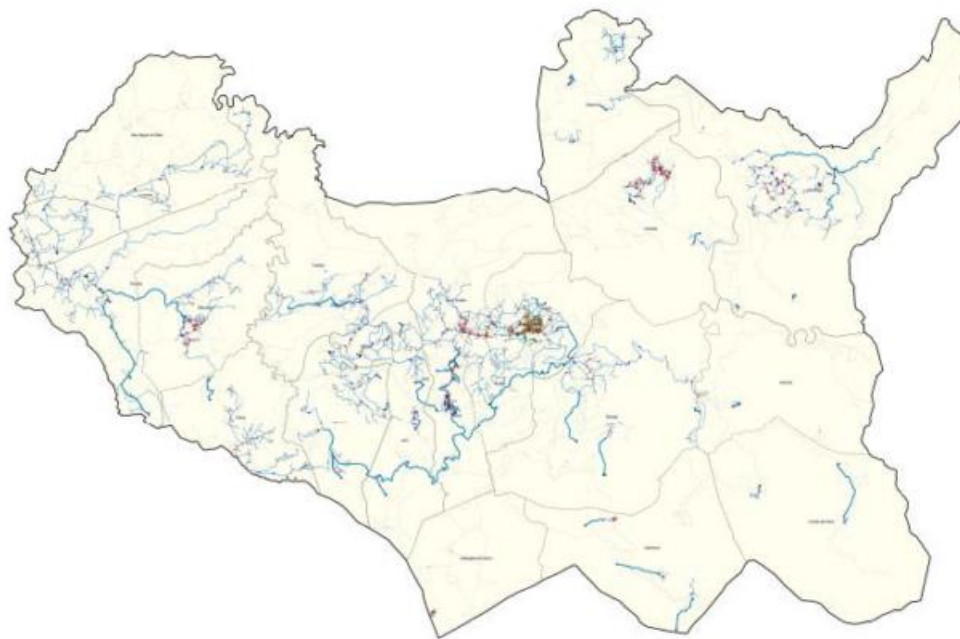


Figura 3.5 – Mapa do Sistema de Abastecimento da Região do Noroeste

O SARN cobre uma área de 1.645 km², encontra-se projetado para fornecer aproximadamente 4.5 milhões de m³ de água potável, por ano, a uma população de cerca de 112.000 habitantes e abrange os seguintes Municípios: Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Basto e Cinfães.

Segundo um levantamento cadastral efetuado em 2015, o SAA-Arouca abastece uma população residente de 22.359 habitantes e apresenta uma extensão de rede de, aproximadamente, 369, km. A zona abastecida caracteriza-se como sendo uma zona rural, localizada no interior, com acentuadas variações de altitude. No que diz respeito à alimentação (origem), o SAA-Arouca, consoante o subsistema, pode caracterizar-se em: sistemas de abastecimento em Alta – Águas do Douro e Paiva (Sist-AdDP); sistemas autónomos de captação por furo (Sist-Aut_Furo); sistemas autónomos de captação por mina (Sist-Aut_Mina) (Cardoso-Gonçalves & Tentugal-Valente, 2017).

De acordo com informações fornecidas pela EG, sistematiza-se os números das principais componentes do sistema cadastrados:

- Captações de água: 20 (12 furos; 8 minas);
- Estações elevatórias e sobrepressões: 13 (12 furos; 1 sobrepressora);
- Sistemas de Tratamento Autónomos: 18;
- Reservatórios: 44;
- Rede de Distribuição;
 - Tubagens: 369 km;
 - Elementos acessórios:
 - VRP: 170 (em fase de conclusão de levantamento).

Apresenta-se, então, uma síntese dos principais dados relativos ao SAA-Arouca (Fig.3.6), que integra os subsistemas, os reservatórios, as freguesias, as populações, as extensões de rede e os mapas representativos da distribuição territorial dos habitantes e sistema do abastecimento de água.

O levantamento das VRP (em fase de conclusão) possibilita a sua distribuição espacial no SAA-Arouca, de acordo com cada subsistema. Elenca-se a informação disponível: SAA-201-Abelheira – 39 VRP; SAA-202-Providense – 16 VRP; SAA-203-Souto Redondo – 36 VRP; SAA-204-Ameixieira – 17 VRP; SAA-205-Forcada – 11 VRP; SAA-206-Arouca – 24 VRP; SAA-Fuste – 1 VRP; SAA-007-Canelas 1 – 4 VRP; SAA-009-Canelas 2 – 1 VRP; SAA-001-Viçosa – 3VRP; SAA-002-Serabigões – 2 VRP; SAA-006-Alvarenga – 16 VRP.

Subsistema	Origem	Reservatórios	Freguesia	Pop (hab)	Rede (m)
SAA-201-Abelheira	Sist-AdDP	Cimo da Inha (500m ³)	Escariz (1)	2 222	32 300
		Vista Alegre (200 m ³); Agrads (20m ³); Mata (40m ³)	Mansores (2)	1 081	23 100
		-	Fernedo (3)	1 340	24 600
		-	S.M. Mato (4)	598	18 500
SAA-202-Provisende	Sist-AdDP	-	Chave (5)	1 253	23 200
		-	Rossas (6)	1 599	27 700
SAA-203-Souto Redondo	Sist-AdDP (Sist-Aut_Furo)	Cavada (12m ³); Regadas (12m ³)	Várzea (7)	540	16 000
		Sanfins (12 m ³)	Tropeço (8)	1 150	26 000
		Pousadouro (50m ³); Barrol (20m ³); S. João (20m ³)	Urrô (9)	1 029	18 700
		Pinheiral (40m ³); Urrô (40m ³); Fráguas (40m ³)	Sta. Eulália (10)	2 253	22 900
SAA-204-Ameixeira	Sist-AdDP	Ameixeira (400m ³); S.M.Monte (80m ³); Chãos (40m ³)	UF Arouca e Burgo (11)	5 178	55 200
SAA-205-Forcada	Sist-AdDP	Forcada (400m ³); Porto Escuro (40m ³)	Moldes (12)	1 257	27 100
SAA-206-Arouca	Sist-AdDP	S. Pedro (240m ³); Pernouzeira (180m ³); Cabral (20m ³); Vila Nova (240m ³)			
		Portela (100m ³); V.N. Pisco (40m ³)			
SAA - Friães	Sist-Aut_Mina	Friães (12m ³)	UF Canelas e Espinunca (13)	1 183	20 000
SAA - Fuste	Sist-Aut_Furo	Fuste (20m ³)			
SAA-007-Canelas 1	Sist-Aut_Furo	Canelas (380m ³)			
SAA-009-Canelas 2	Sist-Aut_Furo	Vilarinho (40m ³)			
SAA-00x-Melres/Espunca	Sist-Aut_Furo	Melres (12m ³)			
SAA-001-Viçosa	Sist-Aut_Furo	Vila Viçosa (20m ³)			
SAA-002-Sarabigões	Sist-Aut_Furo	Sarabigões (20m ³)			
SAA-005-Vila Cova	Sist-Aut_Furo	Vila Cova (40m ³)			
SAA-018-Telhe	Sist-Aut_Furo	Telhe (10m ³)	UF Covelo de Paivó e Janarde (14)	222	2 500
SAA-020-Covelo	Sist-Aut_Mina	Covelo de Paivó (12m ³)			
SAA-022-Regoufe	Sist-Aut_Mina	Regoufe (20m ³)	UF Cabreiros e Albergaria da Serra (15)	231	3 300
SAA-023-Tebilhão	Sist-Aut_Mina	Tebilhão (20m ³)			
SAA-024-Cabreiros	Sist-Aut_Mina	Cabreiros (10m ³)			
SAA-025-Castanheira	Sist-Aut_Mina	Castanheira (20m ³)			
SAA-021-Residual	Sist-Aut_Mina	Cando (20m ³)			
SAA-006-Alvarenga	Sist-Aut_Mina (Sist-Aut_Furo)	Espírito santo (380m ³); Pade (175m ³); Várzeas (175m ³)	Alvarenga (16)	1 223	28 400
SAA-013-Residual 1	Sist-Aut_Furo	Vilar de Servos (1m ³)			
SAA-014-Residual 2	Sist-Aut_Furo	Paradinha (12m ³)			

Figura 3.6 – Síntese de dados relativos ao SAA-Arouca (Cardoso-Gonçalves & Tentugal-Valente, 2017)

Os dados de desempenho do SAA-Arouca, no triénio 2015-2017, disponibilizados pela EG, referem-se às seguintes áreas: perdas; qualidade da água; roturas (histórico de ocorrências); faltas de água (histórico de ocorrências). Os dados referentes ao SAA-Arouca, nos anos de 2015, 2016 e 2015 (Quadro 3.1), encontram-se representados graficamente na Fig.3.7.

Quadro 3.1- Síntese de dados relativos ao SAA-Arouca no triénio 2015-2017 (Cardoso-Gonçalves & Tentugal-Valente, 2017)

	2015	2016	2017
Perdas (Reais e Aparentes)	73%	49%	?
Conformidade (Qualidade da Água)	95,5%**	96,1%**	99,2%**
Roturas	792*	423	473*
Faltas de Água	550	364	291*

*Valores estimados com base nos valores médios dos registos

**Média dos registos mensais

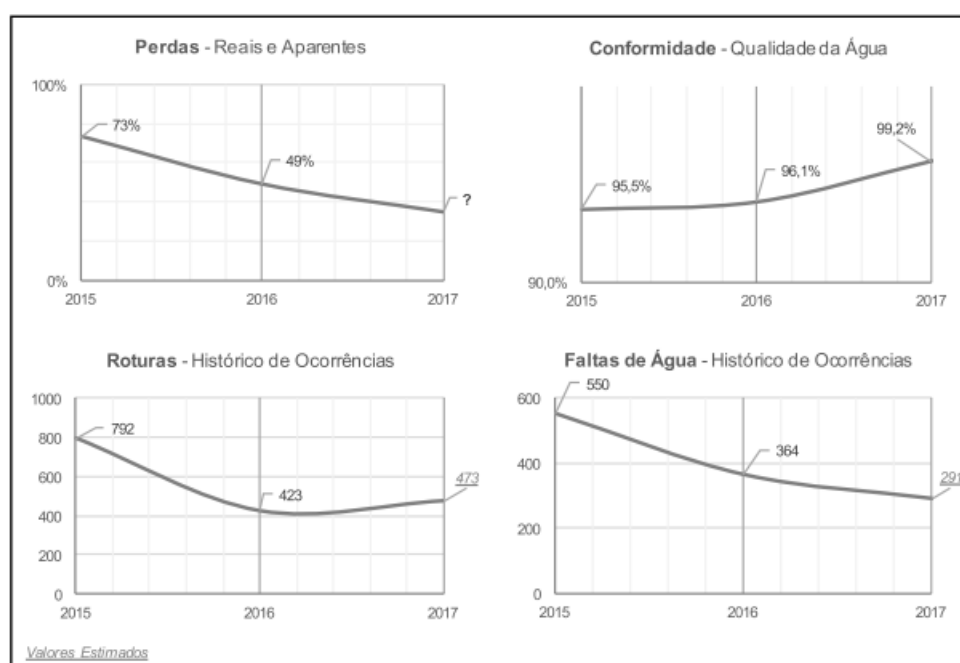


Figura 3.7 – Síntese de dados relativos ao SAA-Arouca (Cardoso-Gonçalves & Tentugal-Valente, 2017).

3.4.ZMC CIMO DA INHA

Finalizada a contextualização da empresa e do município de Arouca, torna-se agora oportuno fazer um pequeno enquadramento sobre a freguesia de Escariz, onde se definiu uma zona de medição e controlo que servirá de estudo para a presente dissertação.

A ZMC em análise localiza-se na freguesia de Escariz. É abastecida por um reservatório (Fig.3.8) implementado na localidade de Cimo de Inha e, como tal, para identificação dentro da empresa é denominada de ZMC de Cimo de Inha.



Figura 3.8 – Reservatório de Cimo da Inha

O reservatório tem um volume de armazenamento disponível de 500 m³, e abastece uma população total de 2.222 habitantes, ao longo de uma extensão de rede com o comprimento total de 32,33 km. Apesar da longa extensão de rede, como se percebe pelo reduzido número de habitantes, é uma localidade com um elevado nível de dispersão populacional.

A Entidade Gestora, forneceu uma análise realizada previamente ao histórico recente e atual do parque de contadores da área de estudo, que se apresenta na Fig.3.9. Desde logo, é perceptível, a evolução positiva de que foi alvo a gestão do parque de contadores, apresentando atualmente um nível mais satisfatório do que a inicial. Futuramente, far-se-á um estudo pormenorizado dessa mudança, sendo expectável encontrar-se valores positivos relativamente ao aumento da água faturada e, diminuição do nível de perdas aparentes.

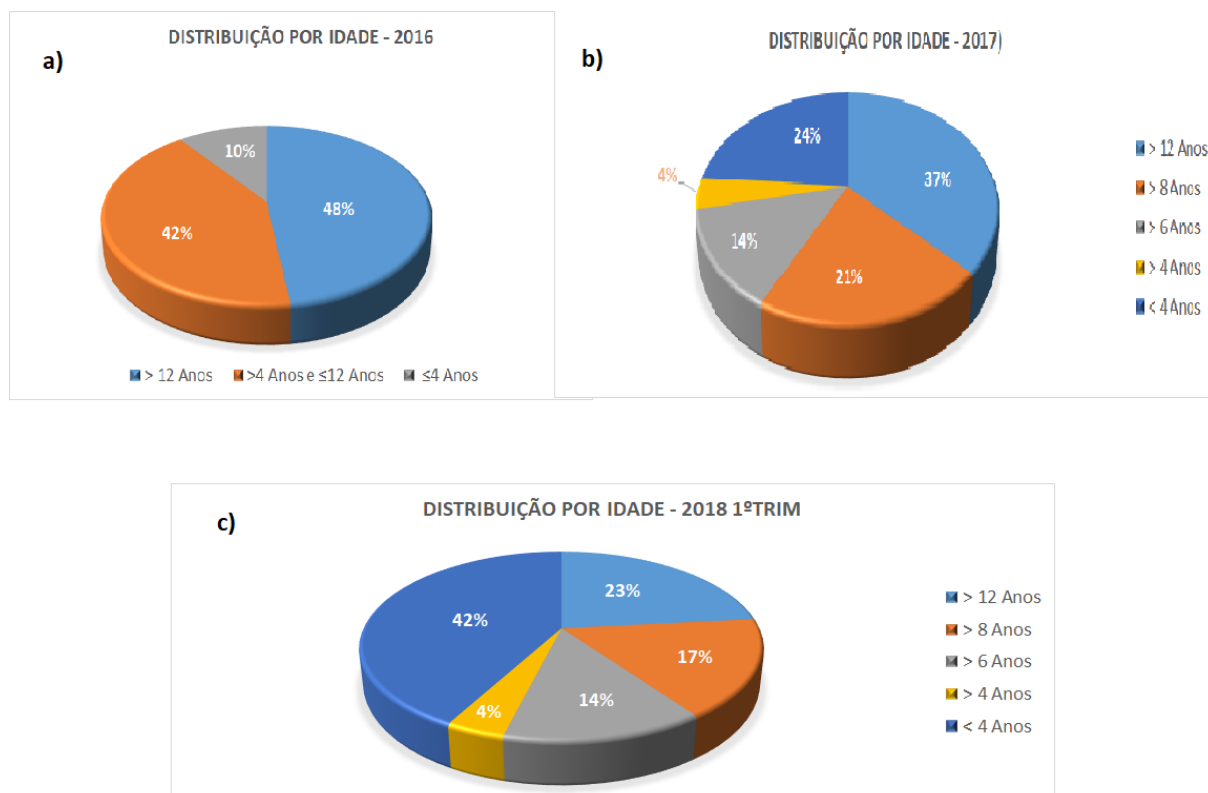


Figura 3.9 – Distribuição da idade do parque de contadores (a) em 2016 (b) em 2017 (c) no 1º trimestre de 2018

4

METODOLOGIA A APLICAR

4.1. ENQUADRAMENTO

A imagem de marca de um engenheiro é a procura de respostas claras e concretas num espaço curto de tempo, sendo este o lema para qualquer tipo de serviço que um engenheiro civil venha a realizar. Assim, torna-se oportuno definir e apresentar, uma proposta de metodologia a adotar na análise e combate às perdas aparentes que caminhe no sentido indicado e aumente o nível de eficiência de uma organização, seja de que tipo for.

A redução das perdas aparentes é especialmente interessante, visto que apesar de serem em percentagem inferiores às perdas reais, são valorizadas a um preço consideravelmente maior. Esta diferença de valores, deriva do facto de quando uma EG trata uma perda real, como seja a reparação de uma conduta, a empresa está a conseguir reduzir um custo, no entanto, quando trata uma perda aparente, está a gerar um incremento de receita e, como é do conhecimento geral, o valor da receita terá de ser sempre superior ao custo.

A definição de uma metodologia em qualquer que seja o âmbito da sua aplicação gera sempre diversos benefícios, sejam eles a melhoria da capacidade de planeamento, o aumento da eficácia na gestão, ou o acesso mais rápido às informações pretendidas. Na problemática em análise, torna-se especialmente benéfico a criação de um conjunto de processos que, se interligados sequencialmente, levem a uma rápida deteção e identificação das mesmas, dado que, as perdas aparentes são um problema comum a todas as entidades gestoras do País, evidentemente mais numas do que noutras.

4.2. DESCRIÇÃO GERAL

Uma das grandes dificuldades para a EG é encontrar uma metodologia que permita seguir um certo procedimento na busca por uma maior eficiência e sustentabilidade. Em casos, como o estudado na presente dissertação, em que o nível de perdas é elevado, revela-se ainda mais proveitosa a implantação de uma metodologia visto que uma pequena mudança facilmente se transforma numa elevada redução do valor de perdas.

A metodologia apresentada tem por base a informação disponível na bibliografia da especialidade, mas também a observação real dos problemas associados à complexa gestão de um sistema de abastecimento de água, resultante da realização da dissertação em ambiente empresarial. Pode ser aplicada tanto nos casos em que já existe um histórico de dados de consumo, como nos casos em que é ainda necessário definir áreas para monitorização dos mesmos.

Concluída esta breve contextualização, enumera-se agora as etapas constituintes da metodologia proposta, sendo posteriormente dissecada ao pormenor cada uma delas:

1. Compilação da informação existente
2. Definição das zonas de medição e controlo
3. Infraestruturação da rede
4. Monitorização dos consumos
5. Investir em novas tecnologias

Na Fig.4.1 apresenta-se a estrutura organizacional da metodologia.



Figura 4.1 – Organograma da metodologia aplicada

É importante explicar o motivo da metodologia adotada ter sido representada de forma circular. O conceito por detrás dessa escolha é o facto de um SAA constituir um sistema bastante dinâmico. O objetivo da metodologia apresentar o formato circular, é realçar que quando se chega ao último passo, a metodologia não está terminada e tudo está resolvido. Num SAA todos os meses existem mudanças nas informações do mesmo, seja a nível de clientes ou de infraestruturas, e quando ao mesmo tempo que se substitui um conjunto de contadores velhos, existem outros que estão a envelhecer e brevemente também esses precisarão de ser substituídos.

Mais difícil do que atingir um nível de eficiência excelente, é mantê-lo. Caso a EG adote um conjunto de medidas que lhe permita baixar o valor das perdas, possivelmente obterá um resultado positivo, consequente dessas medidas. No entanto, se não continuar o trabalho de monitorização e combate constantes esse decréscimo rapidamente desaparece e a EG volta ao patamar inicial.

4.3. COMPILAÇÃO DA INFORMAÇÃO EXISTENTE

A compilação da informação existente é imperativa quando se pretende gerir um sistema de abastecimento de água. É impossível gerir-se aquilo que não se conhece, e como tal, este passo é providencial na senda de uma correta e eficaz gestão.

Nesse sentido, existe um conjunto de informações e documentos que se considera essenciais estarem devidamente registados e que sejam facilmente acessíveis, são eles (Canto-Rios *et al* 2014):

- O mapa atualizado da rede de distribuição
- O cadastro dos clientes
- A localização de sítios importantes
- Um histórico das reparações e medições de pressão

4.3.1. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Os SIG (Fig.4.2) começaram a ser utilizados como um instrumento de georreferenciação e sobreposição, no Canadá em 1960. No entanto, este tipo de tecnologia sofreu uma grande evolução ao longo dos anos.



Figura 4.2 – Interfaces de um SIG (Epal, 2015)

Em Portugal, os SIG começaram a surgir na década de 1970 em algumas empresas, como no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Mas foi no final da década seguinte que a utilização dos SIG em sistemas de abastecimento de água se iniciou, quando surgiram as preocupações de georreferenciar as redes de distribuição (Fig.4.3). As primeiras preocupações nesta área, devem-se à necessidade de localizar as roturas, dado serem locais mais suscetíveis à contaminação da água e ao auxílio que estas ferramentas fornecem no alargamento dos sistemas de abastecimento (Vieira, 2011).

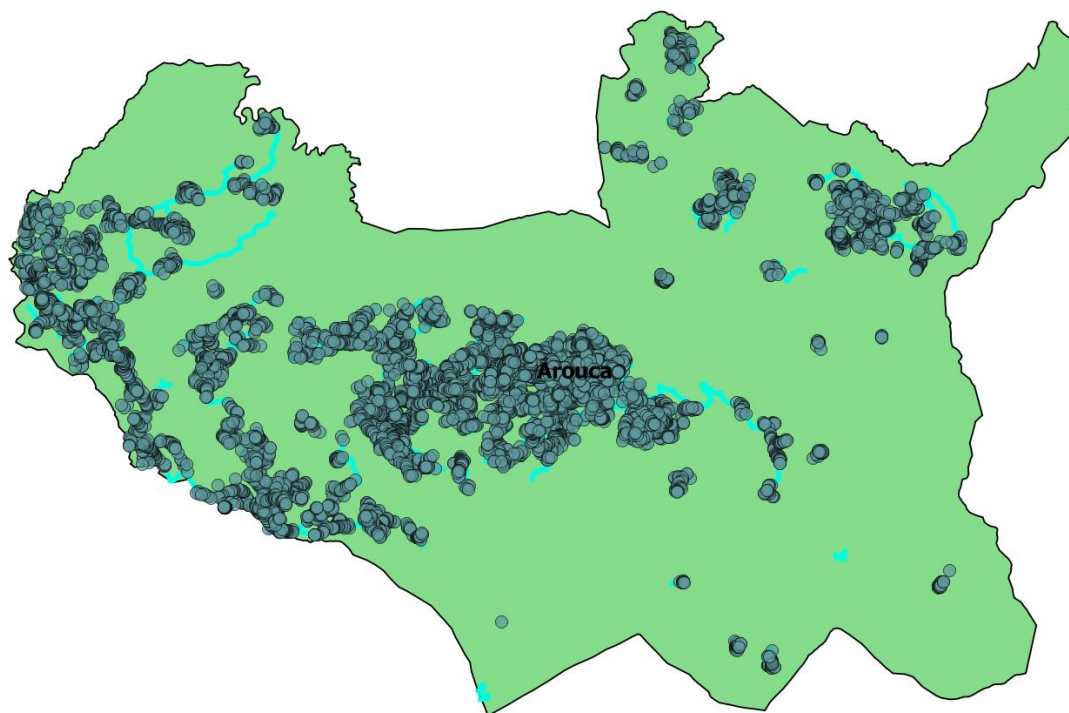


Figura 4.3 – Mapa do concelho de Arouca com a georreferenciação da rede de distribuição e consumidores.

Atualmente, as aplicações SIG dividem-se em nove categorias distintas, a saber, dados de base, informações sobre o solo, usos da biologia, aplicações na geociência, gestão de infraestruturas, *utilities*, marketing e vendas, geopolítica e, por último, cartografia ou desenvolvimento de mapas. Por permitirem a integração e o tratamento conjunto de grandes volumes de informação espacial e de outros tipos num mesmo sistema, são a ferramenta de análise geográfica por excelência (Vieira, 2011).

Os SIG, associados a um sistema de abastecimento de água, têm demonstrado o seu elevado poder na formação de um cadastro o mais aproximado à realidade do território, na integração com bases de dados já existentes, na disponibilização e acesso a informação em tempo real e ainda na modelação da rede de abastecimento (Marques de Oliveira, 2013).

A génese da adoção destes sistemas por parte das EG está diretamente relacionada com a problemática das perdas reais. A possibilidade da verificação das áreas servidas e das infraestruturas em questão, do seu estado de conservação, de procedimentos a adotar na deteção de fugas, entre muitas outras, revelou-se uma ajuda importante no combate às perdas reais, aumentando a fiabilidade dos sistemas e a gestão racional dos mesmos. No entanto, com a evolução tecnológica que estes serviços foram sofrendo, a problemática das perdas aparentes começou a poder ser tratada também com auxílio aos SIG.

As perdas aparentes como já foram descritas anteriormente, advêm de erros dos medidores, consumos ilícitos, erros humanos ou informáticos, e todos estes motivos giram em torno dos clientes. Assim sendo, uma ferramenta que permita o armazenamento de dados do mesmo, como o caso da sua georreferenciação e da sua respetiva morada (arruamento e número de identificação da habitação), revela-se extremamente útil quando o objetivo é reduzir o nível de perdas aparentes. Além da possibilidade do acesso a essa informação, uma vantagem que foi perceptível no decorrer da presente dissertação é a otimização de rotas de leitura. Este ponto não só ajuda a aumentar a produtividade, no sentido em que se perderá menos tempo para efetuar as leituras, como também diminui os custos da EG.

4.3.2.QGIS

Na presente dissertação, sendo a mesma realizada em ambiente empresarial, o *software* de SIG utilizada foi o Quantum GIS (QGIS).

O QGIS, é um “*software*” de “*open-source*” de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados. Similar a outras *softwares* GIS, o QGIS permite a criação de mapas com várias camadas usando diferentes projeções (Graser, 2012).

Uma característica que torna o QGIS bastante interessante é a sua facilidade de utilização. Ao longo do presente trabalho foram surgindo obstáculos que conseguiram ser rapidamente ultrapassados devido ao fácil acesso a informação que esta ferramenta nos permite ter sem elevado grau de complexidade.

Um ponto que parece importante salientar é também a grande vantagem que esta ferramenta apresentou na análise de clientes. Em certas alturas, como será mais à frente explicado mais detalhadamente, foi necessário efetuar leituras pontuais em clientes específicos. Nesse sentido, é necessário entender que o caso em estudo não é uma zona urbana drasticamente povoada, aliás, é exatamente o oposto, como tal, mesmo em ferramentas com grande nível de desenvolvimento tecnológico como o “*Google Maps*”, vários nomes de ruas não estão devidamente identificados, o que torna a localização dos clientes extremamente complicada. Com o recurso ao QGIS a identificação presencial desses clientes e consequente leitura mostrou-se uma tarefa bastante mais acessível. No entanto, é necessário referir que essa identificação também foi possível devido ao trabalho previamente realizado pela empresa de georreferenciação dos clientes.

Na Fig.4.4 apresenta-se a interface do “*software*”.

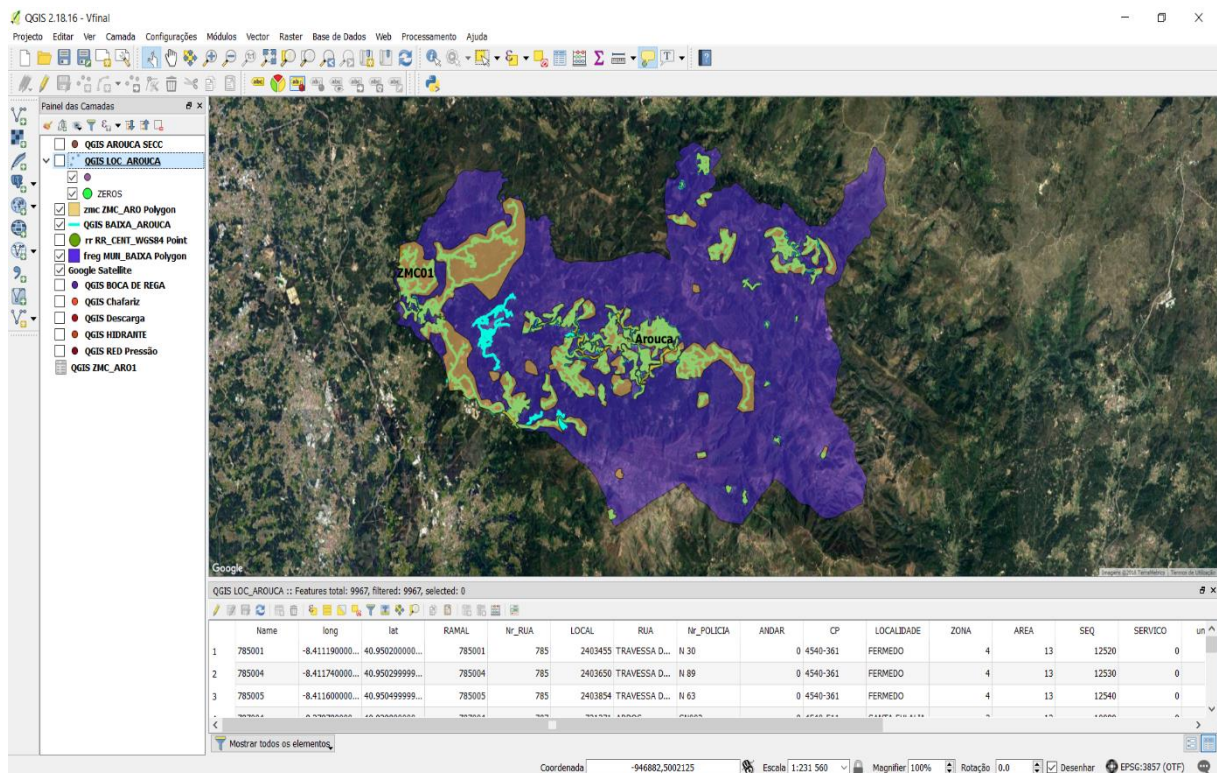


Figura 4.4 – Interface do “*software*” QGIS

Não perdendo o foco, de que no presente capítulo se pretende apresentar as vantagens da utilização dos SIG, especialmente na componente referente à compilação de informação, referir-se-á agora o interesse da sua aplicação neste âmbito.

Como já foi analisado anteriormente, um dos aspetos que uma EG deve colocar em análise quando estuda e elimina as perdas aparentes são os consumos ilícitos. É necessário perceber-se que estes tipos de perdas não advêm de um fator mecânico, como os erros dos contadores por exemplo, mas sim de cariz social, o que torna este aspeto bastante sensível.

Quando se aborda o tema dos consumos não autorizados, não existe uma metodologia unanimemente aceite, nem sequer o género de população mais propícia a cometer estes ilícitos é consensual. Existem pessoas que defendem os bairros sociais serem os mais problemáticos, devido à carência que afeta a esses locais, como quem defenda que são as habitações de maior classe social com piscina, pois a existência desta motiva o recurso ao ilícito devido aos custos elevados que o enchimento da mesma acarreta.

Existe ainda outro problema, este talvez ainda maior, nesta temática dos consumos ilícitos, que é o facto de nem todos os métodos serem visíveis, isto é, quando o ilícito é praticado através da violação do contador ou com recurso a um “*by-pass*”, uma equipa de fiscalização facilmente se desloca ao local e observa a existência do mesmo. No entanto, existem métodos - como a ligação direta à rede de distribuição, que podem ser extremamente difíceis de observar.

Recentemente, num Encontro no Dia Mundial da Água em 2017, com o lema “Compromisso Nacional para a Sustentabilidade dos Serviços de Água: Boas Práticas no Controlo de Perdas”, organizada pela Associação Portuguesa de Distribuição de Drenagem de Águas (APDA) e pelos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS) de Torres Vedras, foi apresentado o resultado de um questionário relacionado com os consumos ilícitos lançado pela APDA. Este questionário teve 160 respostas de EG de todo o País.

Os dados apresentados mostraram que 48,6% das EG, não têm qualquer procedimento aprovado de atuação em caso de deteção de consumos ilícitos. E relativamente às EG que têm procedimentos, somente 10% dessas EG avançou com processos de contraordenação. Das que avançaram com processos só 10,3% terminou os respetivos processos com sucesso, ou seja, apenas cerca de 1% dos consumos ilícitos resultaram em consequências para os consumidores (Almeida, 2017). Estes dados são demonstrativos da ineficiência e desconhecimento existente, no que diz respeito ao combate ao consumo não autorizado.

O facto é que, qualquer que seja a causa ou método utilizado de um consumo ilícito, o mesmo é proveniente de um cliente, ou eventualmente de uma habitação, que nem sequer é cliente, e como tal não pertence à base de dados da EG, mas tem uma ligação direta à rede e consome água sem autorização. Assim sendo, independente da metodologia posterior a adotar, um primeiro passo bastante útil e que é possível de realizar no QGIS é a identificação dos consumos zero (Fig.4.5), ou de habitações com potencial para cometer o ilícito como sejam as com piscina. A partir dessa identificação é possível fazer um cruzamento de dados e uma análise mais detalhada, que permita chegar à conclusão se realmente aquele consumo zero faz sentido, como são os casos em que a moradia está desabitada, ou se pelo contrário, é necessária uma vistoria ao local.

Outro dos aspetos essenciais das componentes das perdas aparentes é erro associados aos contadores com idade elevada. Contudo, dentro desta componente há uma categoria relevante que é da fatia pertencente aos grandes consumidores. Visto que os erros são expressos em função de uma percentagem, é fácil de perceber que quanto maior for o volume consumido, também maior será o volume que não

será faturado. Enquanto em clientes domésticos, especialmente em zonas em que o consumo médio por cliente seja reduzido, os erros poderão não assumir um papel importante, em relação aos grandes consumidores é obrigatório manter um parque de contadores em melhor estado possível de modo a ter a maior precisão de contagem de volume consumido, pois um pequeno erro poderá gerar uma grande receita não faturada.

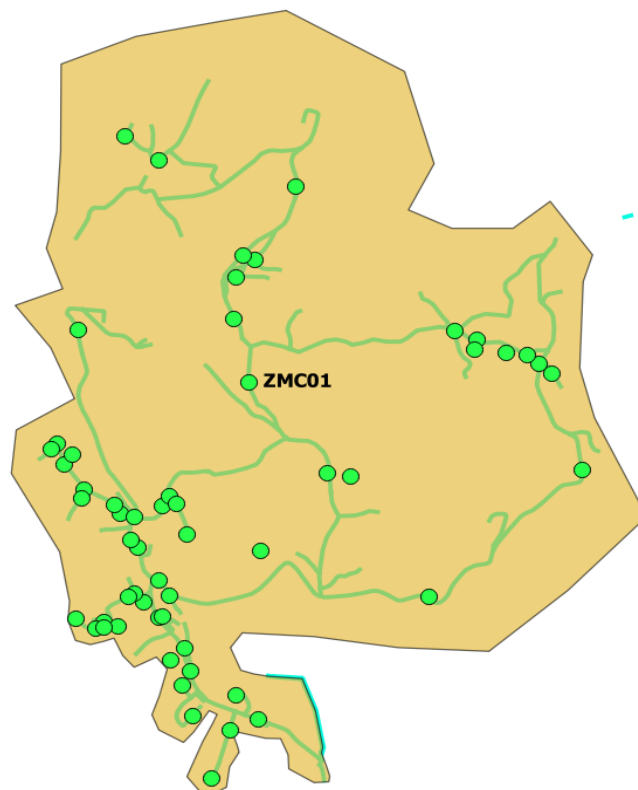


Figura 4.5 – Identificação da localização dos consumidores zero na ZMC em estudo

Torna-se, assim, evidente que a introdução de um sistema de informação geográfica de gestão de clientes, nos seus diversos campos, é uma ferramenta preponderante para a gestão das perdas, tanto reais como aparentes, tendo inclusive um impacto direto na sustentabilidade financeira do negócio e nos níveis de serviço prestado ao cliente.

4.4.DEFINIÇÃO DAS ZONAS DE MEDIÇÃO E CONTROLO (ZMC)

Sendo a presente dissertação realizada num espaço temporal previamente definido e não muito extenso, não foi possível participar em todos os processos da metodologia proposta, tal como a definição da ZMC em estudo. Assim sendo, foi sugerido pela empresa a análise de uma ZMC previamente limitada e definida. Contudo, foi possível perceber o seu papel extremamente relevante em todo o processo de combate às perdas, e como tal considera-se oportuno abordar este tema.

Zonas de Medição e Controlo, ou na expressão inglesa original, *District Meter Area* (DMA), é genericamente uma área da rede de distribuição, com a dimensão apropriada, na qual é possível avaliar adequadamente os consumos e caudais contínuos de abastecimento através de medidores de caudais instalados nas respetivas entradas e saídas (Epal, 2015).

As ZMC constituem, por vezes, um assunto relativamente subjetivo e é consideravelmente improvável que duas EG diferentes definam a mesma ZMC para uma determinada zona. As ZMC comportam-se como um polígono virtual, estando as suas características dependendo das características do terreno e seguem um conjunto de condições, sejam elas (Farley et al., 2008):

- Número de clientes geralmente variável entre 1000 e 2500;
- Um ou mais pontos perfeitamente conhecidos de entrada e saída de água, munidos de medição rigorosa e fiável de caudal;
- Serem áreas discretas, com fronteiras perfeitamente definidas e fixas, não permitindo a ligação ou intercâmbio de caudais com as zonas adjacentes;

A Fig.4.6 apresenta de modo esclarecedor estes critérios, ao mesmo tempo que exemplifica uma ZMC meramente exemplificativa.

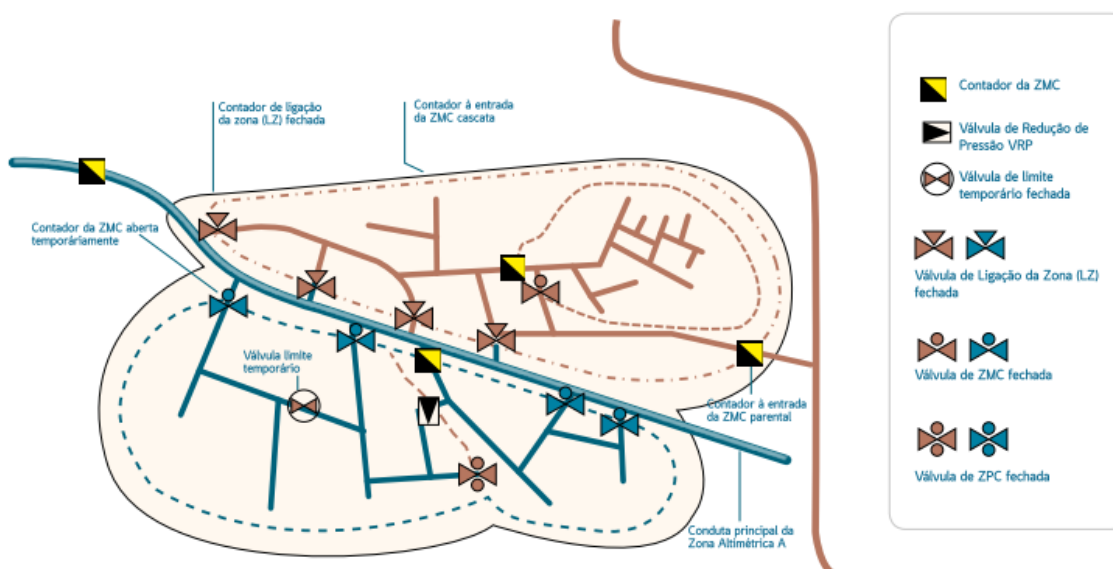


Figura 4.6 – Representação esquemática de duas ZMC (Epal, 2015)

4.4.1. ÁREA E DENSIDADE GEOGRÁFICA DOS CONSUMIDORES

A dimensão de uma ZMC é expressa pelo número de clientes associados. A IWA preconiza que uma ZMC típica, numa zona urbana, deverá compreender entre 1.000 e 3.000 clientes conforme a densidade populacional, a existência de grandes consumidores, e eventuais condicionantes impostas pela própria tipologia do terreno.

Para além do critério acima referida, existem, ainda outros fatores decisivos para um correto dimensionamento de uma ZMC, como seja o comprimento total de rede – considerando-se que não se

deve exceder valores na ordem de 10km, sendo que quanto menor a extensão mais rápida tende a ser a deteção das fugas (Epal, 2015).

Estes dados devem ser considerados como valores médios, que descriminam claramente o facto de serem mais adequados a zonas urbanas. Não sendo esse o caso de Arouca, mais concretamente a área em análise abastecida pelo reservatório de Cimo da Inha, torna-se necessário fazer uns ajustes em função da topografia e topologia da região.

Assim sendo, definiu-se uma ZMC (Fig.4.7) que ultrapassa os valores recomendados em relação ao comprimento da rede, 32km, e uma população servida de 362 clientes, também inferior ao valor acima citado. No entanto, este dimensionamento faz todo o sentido tendo em conta a dispersão populacional da área, mas também devido ao facto daquela zona ser de extremidade, e sendo toda ela servida pelo mesmo reservatório, assim, apenas é necessário instalar um contador na entrada do sistema, o que reduz os custos de instalação e manutenção de um segundo contador na secção de saída.

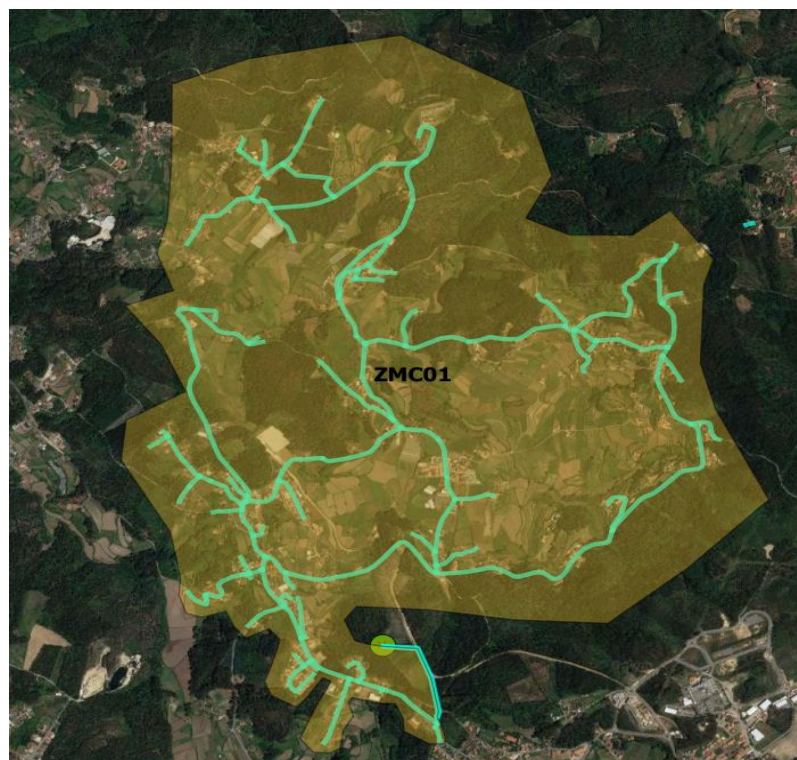


Figura 4.7 – Definição da ZMC em estudo e respetiva rede de distribuição

4.4.2.VANTAGENS

A implementação das ZMC geram inúmeras vantagens como:

- As áreas dentro do SAA são mais reduzidas, logo mais fáceis de controlar;
- A implementação de medidas de combate às perdas torna-se mais fácil;
- A identificação de fugas de água é mais rápida;
- Melhor otimização da pressão;
- Menores volumes de águas perdidos;
- Redução de encargos financeiros associados às perdas de água.

A existência de elevados níveis de rigor e fiabilidade na medição é essencial num sistema de abastecimento, desempenhando um papel fundamental da gestão da rede e dos ativos da empresa, e em suma, todas as vantagens em cima referidas associadas às ZMC fazem a EG caminhar no sentido desse rigor e fiabilidade.

Além da medição rigorosa, que se trata mais de uma análise às perdas do que propriamente de combate, outra vantagem importante das ZMC é a redução de custos na identificação e reparação das mesmas. Como é de fácil entendimento, se a ZMC não estiver perfeitamente definida, ou caso seja exageradamente grande, os custos que a EG necessitará de alocar para encontrar uma fuga será obrigatoriamente maior do que numa ZMC de menores dimensões.

4.5.CAPACITAÇÃO DA REDE

A implantação das ZMC geram para a EG um conjunto de vantagens anteriormente expostas. No entanto, de modo a validar essas vantagens é necessário que a rede seja dotada de um conjunto de equipamentos essenciais, isto é, de pouco adianta que se saiba qual a população servida por determinado reservatório senão for possível aferir com rigor qual o caudal que sai desse mesmo reservatório. Neste sentido apresentam-se um conjunto de equipamentos cuja sua presença na rede é obrigatória:

- Medidores de caudais;
- “*Datalogger*”s;
- Válvulas de seccionamento;
- Válvulas Redutoras de Pressão (VRP).

4.5.1.MEDIDORES DE CAUDAIS

Usualmente, a obtenção do valor do caudal afluente a uma ZMC é realizada por via de um medidor de caudal, disposto à entrada da mesma, e é complementada com o registo de pressões no local, através de equipamentos autónomos de monitorização e telemetria designados “*datalogger*”s (estes instrumentos serão descritos pormenorizadamente no ponto seguinte).

Existem, atualmente, três tipos principais de medidores de caudal, utilizados por norma em escoamentos sobre pressão denominados por medidores de caudal eletromagnéticos, ultrassónicos e deprimogéneos. No entanto, para o intuito do trabalho aqui descrito, focar-se-á apenas o primeiro tipo referido, visto ser o utilizado no reservatório do caso de estudo (Fig.4.8). Além disso, é também o mais comumente utilizado entre os três mencionados.



Figura 4.8 – Medidor de caudal eletromagnético instalado no reservatório do caso de estudo

Os medidores de caudais eletromagnéticos (Fig.4.9) designam-se deste modo por medirem a quantidade de água que passa por unidade de tempo no seu interior, recorrendo a um princípio baseado na *Lei de Faraday*. Esta lei relaciona o caudal com a força eletromotriz induzida pelo escoamento da água num campo magnético perpendicular, criado a partir de uma bobina alimentada eletricamente (Epal, 2015).

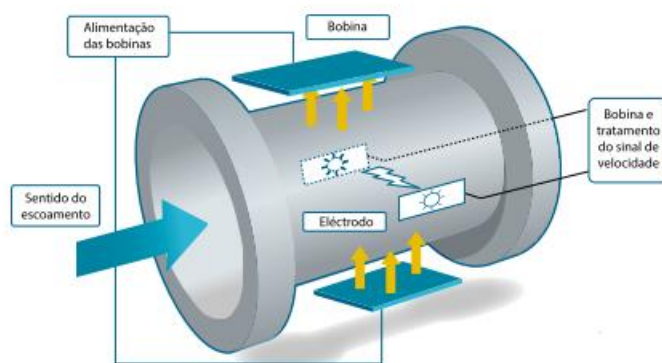


Figura 4.9 – Representação esquemática de um medidor de caudal eletromagnético (Epal, 2015)

Os medidores de caudal eletromagnéticos são formados por dois componentes: um elemento primário, ou transdutor de caudal, que possui dois eléctrodos em contacto com a água (líquido condutor eléctrico) entre os quais surge uma força eletromotriz proporcional à velocidade média do escoamento e, consequentemente, ao caudal (grandeza que se pretende medir), e um elemento secundário (também designado como condicionador de sinal) responsável por obter o sinal de tensão incitado nos eléctrodos, amplifica-lo e processá-lo de maneira a transformá-lo num sinal de saída normalizado proporcional ao caudal (M. Pereira, 2012).

Os medidores de caudal funcionam num intervalo finito de caudais ao longo do qual o erro com que a medição aferida não deve ultrapassar valores considerados aceitáveis para o nível de rigor requerido. As condições de instalação e operação do contador também podem afetar significativamente o rigor da

medição, caso a instalação não ocorra de acordo com as instruções indicadas pelo fabricante e não sejam adotadas as práticas recomendadas por normas e guias de referência.

4.5.2. "DATALOGGER"s

Os medidores de caudal instalados nas ZMC têm a capacidade de regular, amplificar e processar o sinal proveniente dos seus eléctrodos de modo a obter-se um sinal limpo e robusto congruente com caudal escoado. Esses sinais podem ser posteriormente retidos por instrumentos de leitura e aquisição de dados, aos quais se dá o nome de "*datalogger*" (Fig.4.10).



Figura 4.10 – Dataloggers

Os "*datalogger*"s são aparelhos simples, com boa capacidade de obtenção de dados, com baixo consumo energético e autónomos, já que estes são alimentados por pilhas ou acumuladores que lhes conferem um funcionamento ininterrupto durante meses. O envio de informação pode ser feito localmente através da utilização de um computador portátil sendo, no entanto, o ideal é ser realizado por comunicação com ou sem fios.

O espaço de tempo entre registos condiciona a capacidade de armazenamento e a duração das baterias ou o consumo de energia elétrica. Os dados podem ser recolhidos remotamente ou localmente. Caso sejam recolhidos remotamente, o envio de dados pode ser feito diariamente. No caso da opção ser local, deve estabelecer-se uma periodicidade de recolha de dados compatível com a disponibilidade da equipa proceder à recolha de dados. Na aquisição remota, é recomendado que os "*datalogger*"s contemplem uma capacidade adicional para armazenar dados em casa de falha no sistema de comunicações. A alimentação dos "*datalogger*"s através de corrente elétrica é a solução mais interessante, quando viável, pois esta permite uma aquisição de dados mais fiável e com menor manutenção (Loureiro, 2010).

Nos SAA os dados são adquiridos, normalmente em intervalos de minutos. No presente caso de estudo esse intervalo de tempo é de 15 minutos. É também essencial que o equipamento seja capaz de acumular, pelo menos, informação relativa a um dia de medições.

É também importante que a programação do relógio/calendário do aparelho não sofra nenhuma falha para que todos os fiquem registados com a informação relativa ao dia e hora a que foram obtidos, caso contrário perdem o seu interesse prático.

Na Fig.4.11 apresenta-se um gráfico diário de leituras que é possível obter através dos dados emitidos pelo “datalogger”.

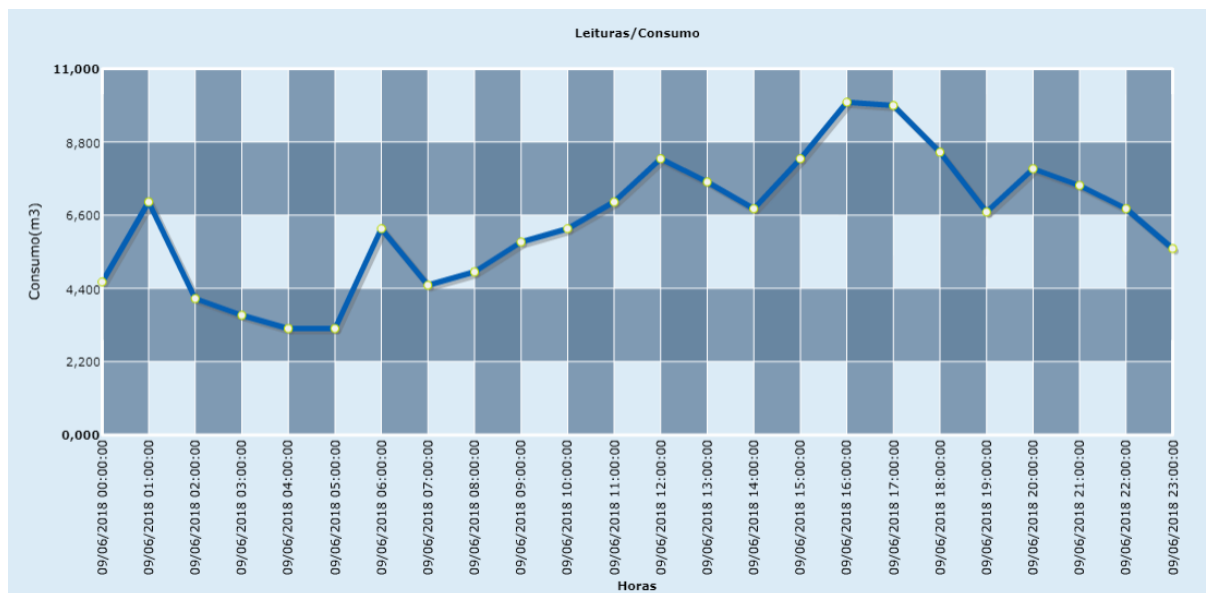


Figura 4.11 – Leitura diária no reservatório do caso de estudo

4.5.3.VÁLVULAS DE SECCIONAMENTO

As válvulas de seccionamento têm como função permitir o isolamento de trechos de conduta em casos de avaria, evitando assim o esvaziamento de grandes extensões de tubagem em casa de avaria ou limpeza. Apesar de essa ser a função sobre a qual teve a sua origem, as válvulas de seccionamento são de extrema utilidade na deteção de perdas de água, no sentido em que, a possibilidade de isolar determinados trechos ajuda na deteção de fugas de água e até de consumos ilícitos.

Já anteriormente foi debatido o interesse prático das ZMC não serem excessivamente dimensionadas no que á sua área diz respeito. No entanto, mesmo em ZMC de pequena dimensão, pode-se tornar difícil a localização da perda de água. De nada adianta saber que se está a perder água senão existir mecanismo que permitam a localização da mesma e posterior eliminação. Assim, a utilização de válvulas de seccionamento permite uma análise de pequena escala, o que garante uma maior facilidade e rigor na resolução do problema.

As válvulas de seccionamento devem ser devidamente protegidas, facilmente manobráveis e devem localizar-se nos ramais de ligação, junto a elementos acessórios, ao longo da rede de distribuição, por forma a permitir isolar áreas com um máximo de 500 habitantes e nos cruzamentos e entroncamentos principais, em número de três e duas, respetivamente.

Na Fig.4.12 apresentam-se dois exemplos de válvulas.



Figura 4.12 – Válvulas de cunha elástica de canhões lisos e flangeada

4.5.4. VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO

As válvulas redutoras de pressão são instrumentos mecânicos que se instalam em pontos estratégicos das redes de distribuição com vista a reduzir ou manter a pressão na rede dentro de determinados níveis. Estas são uma das alternativas mais importantes na uniformização e controlo de pressões da rede. Podendo ser controladas de modo a não funcionarem apenas para um único valor de pressão, as VRP permitem um controlo mais eficiente dos níveis de pressão (Oliveira, 2013).

De uma maneira simplificada, as VRP instaladas nas condutas resumem-se a um obstáculo que provoca uma perda de carga localizada e controlada, diminuindo a pressão do ponto a jusante da sua instalação (Fig.4.13.).

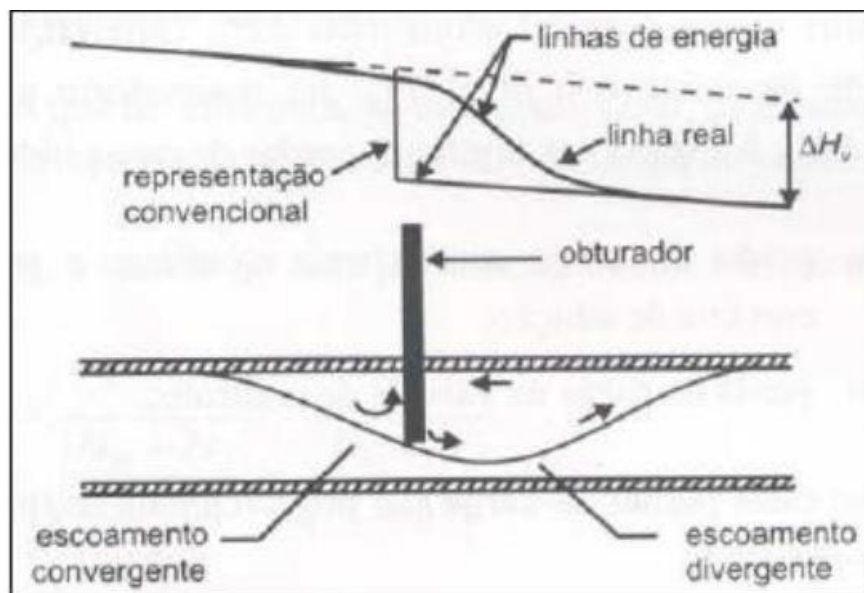


Figura 4.13 – Perda de carga hidráulica provocada por uma VRP

Uma VRP é dividida em duas partes, o corpo principal e o castelo ou veio, cada uma englobando determinados constituintes. A primeira, é a parte inferior onde se localiza o orifício de passagem do fluido e as extremidades de ligação à conduta de instalação. O castelo é a parte superior, constituída por

vários elementos que determinam o funcionamento da VRP, e que pode ser desmontada e retirada permitindo assim o acesso interno à VRP.

Internamente, uma VRP é constituída por vários elementos sejam eles: o obturador, o veio que liga à membrana ou diafragma, a câmara de controlo, o indicador de posição, o piloto, o circuito pressurização do piloto (1) com filtro protetor, o circuito de pressurização da câmara de controlo (2), o circuito de despressurização (3) e a válvula principal por onde se dá o escoamento, como ilustra a Fig.4.14.

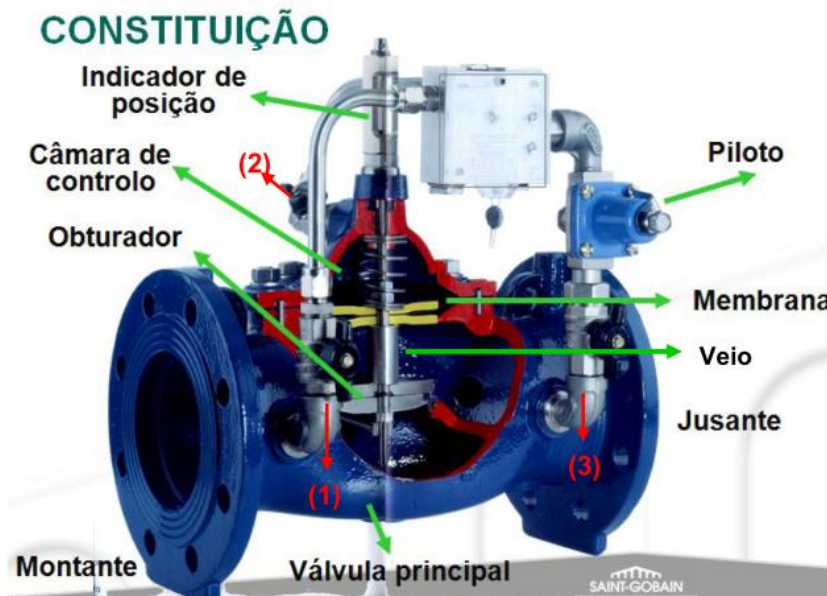


Figura 4.14 – Elementos constituintes de uma VRP

4.6.MONITORIZAÇÃO DOS CONSUMOS

A etapa da monitorização dos consumos é possivelmente a etapa mais importante de toda e qualquer metodologia que vise reduzir o nível de perdas de água, sejam reais ou aparentes, pois é através da monitorização que se consegue perceber caso haja algo errado. Além disso, quanto mais depressa se perceber a existência de algo errado, mais depressa se pode resolver o problema, diminuindo assim os custos da EG.

Sendo a monitorização do consumo de água uma etapa de elevada importância no combate às perdas, é importante que decorra em condições controladas, minimizando a perda de dados. Para que tal aconteça, deve atender-se a um conjunto de aspetos relativos à duração da monitorização, a cenários de funcionamento da rede e operação e à manutenção da rede, que são apresentados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1- Aspetos a atender na monitorização do consumo (Loureiro, 2010)

<i>Categoria</i>	<i>Aspectos a atender</i>
Duração da monitorização	<input type="checkbox"/> Permanente <input type="checkbox"/> Temporária (1 dia- 15 dias, 15 dias-3 meses, 3 meses-1ano)
Características da monitorização	<input type="checkbox"/> Passo de tempo entre registos <input type="checkbox"/> Grandezas a serem medidas
Cenários de funcionamento da rede	<input type="checkbox"/> Duração máxima de cada cenário durante a monitorização <input type="checkbox"/> Parâmetro de variação <input type="checkbox"/> Esquema de regulação do equipamento de controlo
Operação e manutenção da rede	<input type="checkbox"/> Histórico de intervenções <input type="checkbox"/> Equipa responsável pela operação e manutenção da rede

Durante a monitorização do consumo, as zonas de análise devem poder ser isoláveis de forma a terem uma única entrada de caudal e o estado das válvulas de seccionamento deve poder ser mantido. Esta é uma condição primária e que é cumprida no presente caso de estudo.

A avaliação das condições de monitorização envolve o levantamento dos condicionalismos locais nas zonas de análise, assim como eventual realização de campanhas preliminares de teste com o objetivo de conhecer melhor a gama de valores de consumo que podem ocorrer. Este ponto, torna-se ainda mais relevante quando o objetivo da monitorização é estimar as perdas reais pelo consumo mínimo noturno. O consumo mínimo noturno permite estimar as perdas reais com a premissa de que num determinado período de tempo durante a madrugada, tudo o que está a sair do reservatório se deve a perdas na rede de distribuição. No entanto, existe sempre algum consumo real, que por norma, é estimado e subtraído nesse consumo mínimo. Assim, quanto maior o grau de conhecimento existir sobre as atividades noturnas da área em estudo e da gama de valores de consumo naquela hora, mais preciso será o valor atribuído às perdas reais e, consequentemente, mais preciso será o nível de perdas aparentes.

A duração da monitorização do consumo pode ser permanente (típica em grandes consumidores e em ZMC) ou temporária, podendo neste último caso a duração ser variável consoante o objetivo da análise. A monitorização temporária pode ser utilizada nos casos em que se pretende testar um contador ou um medidor de caudal ou sistemas de telemetria, quando não é possível ou viável manter isoladas determinadas zonas de rede para medição. Este tipo de monitorização é de elevada utilidade, quando existe a suspeita da existência de consumos ilícitos, ou quando se pretende proceder à aquisição de dados com vista a gerar um padrão estatístico sobre o consumo de determinada área. A monitorização temporária permite recolher dados com maior pormenor, durante períodos de tempo relativamente curtos, por oposição à monitorização contínua.

Relativamente às características da monitorização, é importante estabelecer-se o espaço de tempo entre registos e as grandezas a serem medidas.

Em termos de cenários de funcionamento, pode ter também como objetivo avaliar o efeito de determinado parâmetro de controlo, como a pressão, mantendo constantes as restantes características da rede (dimensão, condutas, ramais, estados das válvulas de seccionamento).

No que se refere à manutenção da rede, é fundamental criar procedimentos que permitam atualizar ou criar um histórico de intervenções na rede, assim como designar uma equipa responsável pela operação e manutenção que mantenha a EG informada.

4.6.1.MONITORIZAÇÃO DE UM GRANDE CONSUMIDOR

Como é perceptível, a monitorização contínua exige um esforço muito maior por parte da EG em termos de recursos humanos e financeiros e como tal, só se justifica que aconteça em grandes consumidores ou em reservatórios, em que os volumes de água são elevados e, algum erro pode gerar um grande custo para a EG.

De modo a que se entenda melhor a especial atenção que os grandes consumidores merecem, apresenta-se na Fig.4.15 um gráfico relativo ao consumo diário de um grande consumidor, em concreto uma escola integrante do Município de Arouca.

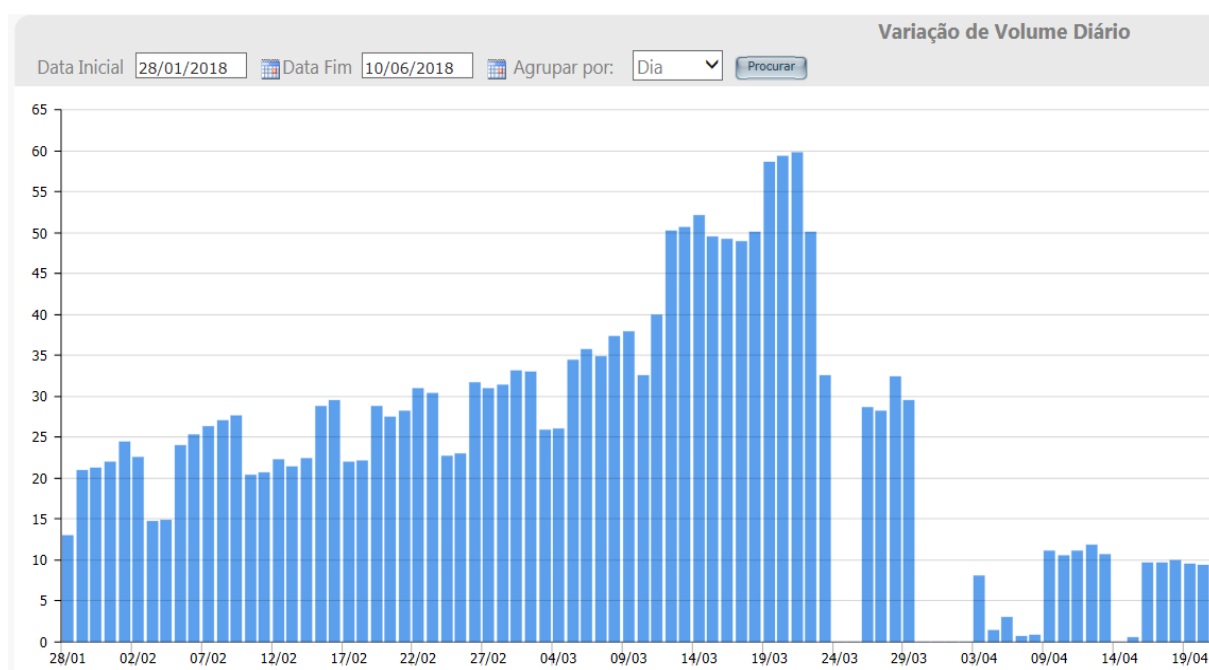


Figura 4.15 – Variação do volume diário de um grande consumidor

Neste caso, pode-se constatar o consumo constante de volumes diários de grande dimensão. Aparentemente poderia não representar nenhuma situação anómala, visto não existir nenhum pico de consumo e o consumidor realizar consumos diários da grandeza apresentada até dia 24 de Março. No entanto, o aumento diário e constante dos volumes consumidos, alertou a EG para a possibilidade de algo de errado se passar.

Assim, com uma análise mais detalhada, não só para os números, mas também para o tipo de cliente, percebeu-se que aqueles valores não fariam sentido. Tratando-se de uma escola, que encerra ao fim de semana, não é normal que existam volumes tão elevados de consumo durante esse período.

Olhando para o gráfico, facilmente se percebe o padrão de consumo da escola. Existem 5 dias consecutivos, sendo esses os dias da semana, em que o consumo de água é mais elevado, o que é normal tendo em conta a existência de atividades que implicam o consumo de água, e dois dias seguintes, em que o consumo desce consideravelmente.

Apesar de nos dois dias relativos ao fim de semana o consumo de água diminuir, ainda apresenta neste caso valores bastante elevados para o que seria expectável. Associado a isso, a constatação de que os

consumos aumentarem diariamente sem motivo aparente, decidiu proceder-se a uma vistoria ao local, onde foi possível detetar uma fuga de água na rede da escola.

Após a deteção e reparação dessa fuga, foi possível perceber-se a diferença significativa que produziu na variação dos consumos diários. Observou-se então, uma redução drástica de consumos na ordem dos 60 m³ (nos últimos dias antes da reparação) para 11 m³ em dias de semana, e de cerca de 30 m³ para aproximadamente 0 m³ ao fim de semana. Assim, pode-se estimar que a perda de água se situe em valores entre os 30 a 50 m³ por dia. Não sendo possível quantificar o seu valor com exatidão, qualquer que seja o seu valor dentro daquele intervalo, é um valor assustador, ainda para mais se se tiver em conta o seu prolongamento no tempo, que neste caso ocorreu durante meses.

Numa política de eficiência e responsabilidade social como a que uma EG de um SAA deve adotar, fica assim, provado todo o interesse que tem a monitorização dos consumos. Como já foi dito anteriormente, as perdas serão estimadas através do consumo mínimo noturno, que tem como fundamento este ser um período em que os consumos são muito reduzidos ou nulos, logo, um consumo noturno desta dimensão afeta e retira qualquer credibilidade aos resultados obtidos relativamente ao nível de perdas no sistema. Além disso, apesar de neste caso ser água que se está a perder dentro do sistema do cliente, ou seja, que já foi faturada pela empresa, é do interesse da EG praticar uma política de combate ao desperdício de água, sente esta um bem essencial à vida.

4.7. INVESTIR EM NOVAS TECNOLOGIAS

A tecnologia veio melhorar a vida do ser humano em todas as suas atividades diárias. Os sistemas de abastecimento de água não são exceção ao avanço tecnológico presenciado na atualidade e como tal, existem tecnologias de “ponta” sobre as quais um EG deve sempre investir no sentido de aumentar a sua eficiência e excelência de serviços prestados.

Um EG que deseje manter os seus níveis no topo, deve trabalhar para atingi-los, mas posteriormente, trabalhar para mantê-los. Como tal, neste capítulo, pretende abordar-se a tecnologia existente ligada à telegestão, as suas aplicações e vantagens, mas também, fazer uma breve descrição do conceito de “*smart water*” no contexto das “*smart cities*”, para o qual as EG devem caminhar.

A telemetria é uma tecnologia recente, que facilita bastante a medição de consumos, permitindo a sua leitura em tempo real, reduzindo erros e custos da sua obtenção. Complementarmente, existe hoje um sistema de telegestão que permite a gestão remota de equipamentos, em situações anómalas, de forma a garantir a segurança e a continuidade do serviço de fornecimento de água. Estas tecnologias têm-se revelado uma potente ferramenta de combate às perdas aparentes. Ainda assim, tem-se constatado que as explorações destas tecnologias ainda se encontram afastadas do seu limite. Dessa forma, grande parte das entidades gestoras têm preferido optar por instalar inicialmente esta técnica em zonas piloto.

Noutro âmbito, o atual estado de escassez dos recursos hídricos, exige que a utilização da água seja feita, de forma consciente, eficiente e sustentável. Para tal, é necessário utilizar o conhecimento e experiência ao longo do tempo pelas EG, responsáveis pelos sistemas de abastecimento existentes no mundo, e aliar esse “*know-how*” à tecnologia avançada que atualmente disponível e, de forma a tornar a nossa água “inteligente” – “*Smart Water*”.

4.7.1. TELEMETRIA E TELEGESTÃO

É certo que as medidas de combate às perdas aparentes, passam essencialmente pela redução dos consumos ilícitos através de campanhas de sensibilização e deteção, e da constante atualização do

parque de contadores. No entanto, muitas vezes, é difícil adotar essas medidas devido ao desconhecimento do que se passa em determinadas zonas.

Como já foi extensamente abordado ao longo desta dissertação, é difícil aferir o valor das perdas com rigor, muito devido à inexistência de leituras em tempo real dos pequenos consumidores. Algo, que deixa de ser um problema com a adoção da telemetria.

Ainda que a telemetria não seja uma realidade no caso de estudo em análise (apenas existe no reservatório), ao longo da presente dissertação, foi possível perceber as suas potencialidades à medida que foram surgindo obstáculos que seriam de mais fácil resolução caso a tecnologia tivesse implantada na ZMC.

A telemetria permite a leitura em tempo real, mas a um nível mais particular e importante, permite a leitura independentemente da localização do contador. Durante a etapa de tratamento de dados, foi necessário visitar o local de estudo e proceder à leitura de um conjunto de contadores previamente identificados como contadores que teriam sido mudados recentemente. No decorrer dessa leitura revelou-se impossível proceder à leitura de alguns contadores devido à localização dos mesmos se situar no interior da residência. Caso existisse o sistema de telemetria, esses dados teriam sido facilmente apurados, e os resultados obtidos teriam um maior grau de precisão.

A telegestão trata-se de um sistema de telemetria no seu expoente máximo. Este sistema permite responder a vários problemas das EG, responsáveis pela distribuição de água, que se centram na gestão de infraestruturas deficitárias. Apesar de parecer relativamente simples, é um processo que requer muito trabalho na sua elaboração.

O sistema de telegestão centraliza a operação de todas as instalações que contribuem para a gestão sustentável do ciclo da água (captação, tratamento, transporte e distribuição em alta e em baixa). As vantagens da sua utilização são numerosas pois, melhorando globalmente a qualidade do serviço prestado, permite:

- A segurança da rede, dado que um técnico pode ser avisado da ocorrência e encontrar resolução para o problema;
- A gestão técnica através do tempo real da informação recolhida das instalações, com possibilidade de intervir sobre o estado de funcionamento de todos os órgãos de controlo;
- A gestão da energia elétrica de todas as instalações de bombagem e tratamento;
- A gestão estatística através do armazenamento de dados que são editados em forma de balanços ou estatísticas de funcionamento de modo a melhorar as condições técnicas e económicas e garantido a qualidade e quantidade da água distribuída.

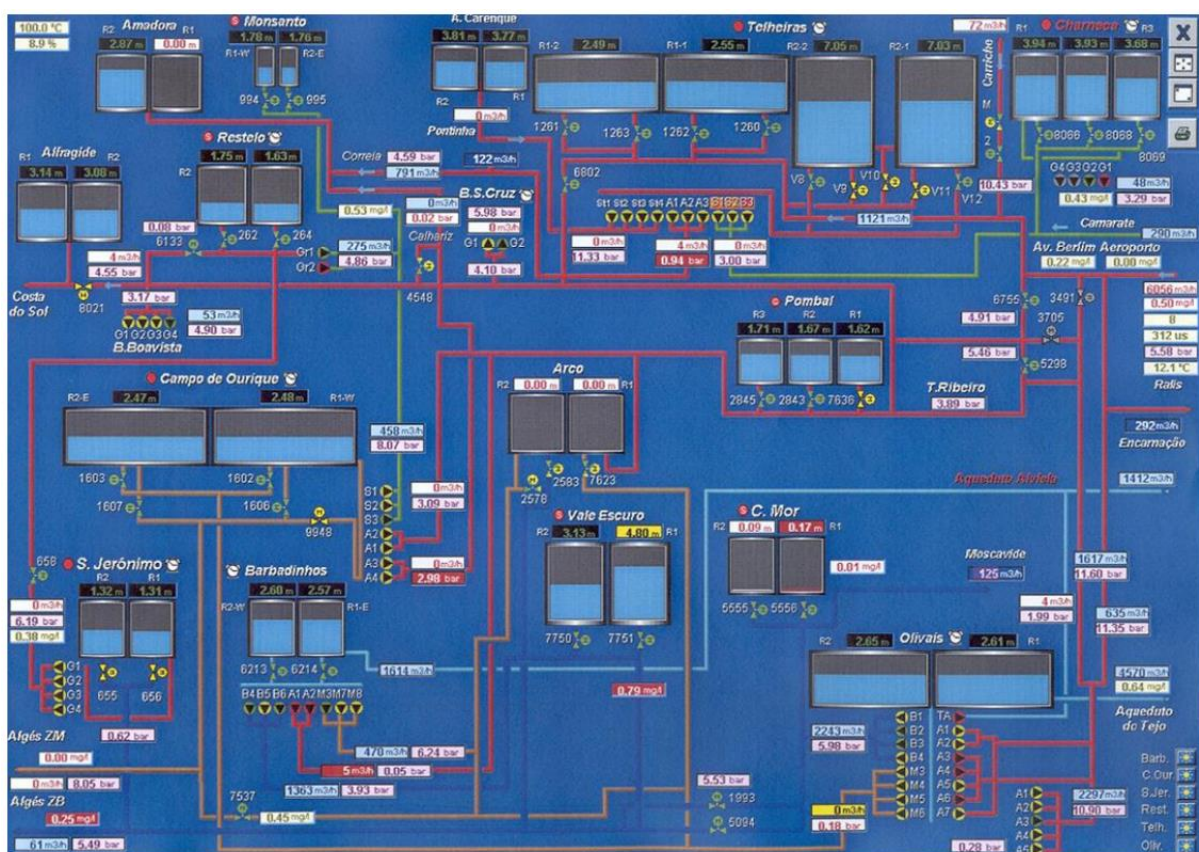


Figura 4.16 – Interface de uma plataforma de telegestão (Epal, n.d.)

4.7.2.SMART WATER

A utilização do termo “*Smart City*” (Fig.4.17) está a tornar-se como que um hábito, pelas mais variadas razões, sendo que todas as cidades têm realizados investimentos no sentido de se tornarem cada vez mais “inteligentes”. Desde a verdadeira necessidade e desejo da cidade tornar-se sustentável e otimizada, bem como a questões de “*marketing*” e turismo associada a uma marca que projeta a imagem de uma cidade atual.

Neste tipo de conceito pressupõe-se a aplicação de novas tecnologias de informação em prol das políticas urbanas que gerem uma cidade, garantindo uma maior informação, mais dados, e controlo em tempo real das necessidades dos cidadãos. O acesso facilitado à informação irá gerar uma dimensão mais interativa a quem necessita desses dados diariamente (Ervideira, 2014).



Figura 4.17 – Integração de sectores incorporados numa “Smart City” (www.waterworld.com)

Nos dias de hoje, as cidades ainda estão muito mais contruídas sobre o “músculo” do que o “cérebro” (sistemas de gestão integrada, sensores, etc.). Não há dúvida de que dotar uma cidade de um “cérebro” maior, poderá trazer mais benefícios para todos, e é nesse sentido que a maioria das cidades começa agora a virar as atenções.

O sistema de distribuição de água de um aglomerado populacional é sem dúvida uma das peças chave da infraestrutura e, sendo este, um dos maiores consumidores de energia das cidades percebe-se a importância de adotar uma postura mais “inteligente”, não só devido à redução de custos, mas também, num enquadramento de responsabilidade social.

A aplicação de sistemas inteligentes de controlo de dados irá trazer aos gestores o poder de tomar decisões de forma mais consciente e rápida sobre as operações, resultando assim em economia de energia e aumento de liquidez.

É importante ainda realçar que, neste âmbito das “Smart Cities”, existem várias tendências de financiamento, que são de todo o interesse das EG. A título de exemplo, temos a cidade Francesa de Lyon. Esta cidade pretende ser um espelho da inovação, possuindo uma comunidade “smart”, e tem já um projeto piloto que está em desenvolvimento no bairro de Grand Lyon, sendo todo ele financiado por uma organização Japonesa denominada *New Energy and Industrial Technology* (NEDO).

Seguem-se então alguns exemplos de algumas soluções aplicáveis a infraestruturas já existentes, para implementar em “Smart Cities”.

HITACHI

A Hitachi é uma empresa multinacional Japonesa que propõe um diagrama conceptual do sistema de água “inteligente”, que redefine o ciclo de água urbano. Esta empresa apresenta talvez a proposta mais interessante do ponto de vista da sustentabilidade. Nesta proposta, resumidamente, as águas residuais

passariam a ser tratadas dentro da própria cidade, podendo ser reutilizada como água reciclada. Além disso, os dados operacionais de cada estação de tratamento são geridos centralmente como informações da infraestrutura, permitindo assim o funcionamento eficiente de cada estabelecimento.

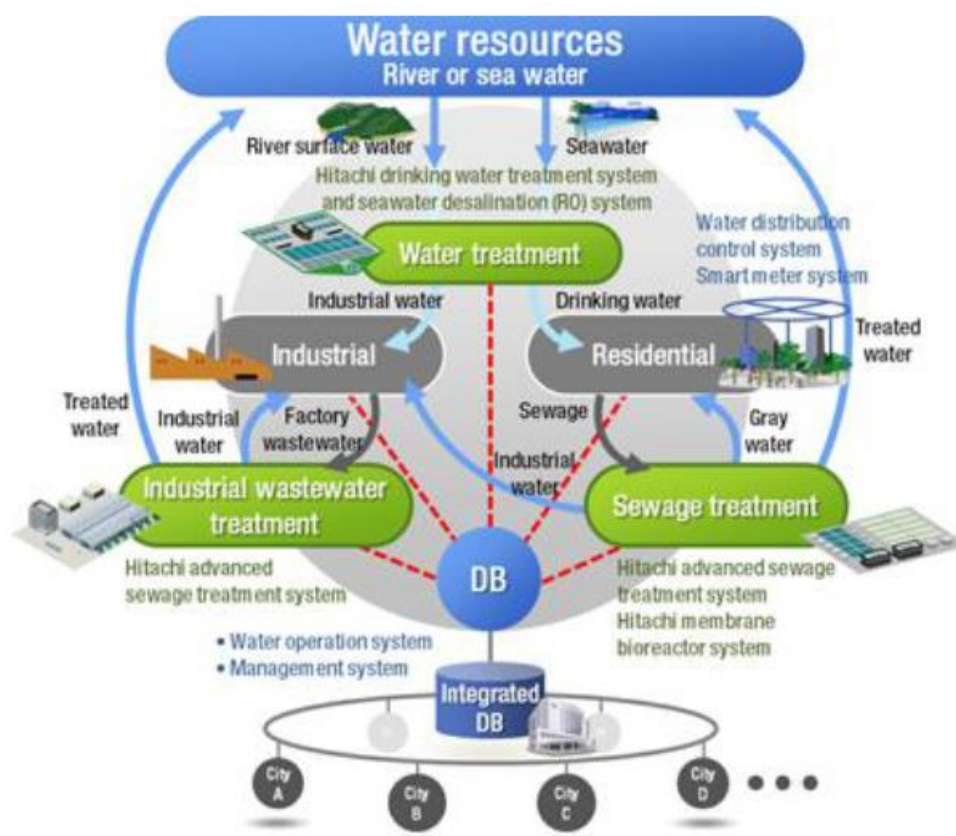


Figura 4.18 – Proposta de ciclo de água integrando as soluções da Hitachi (Ervideira, 2014)

IBM

A IBM é uma empresa Norte-Americana que desenvolve *software* de análise de dados que permitem melhorar a gestão das infraestruturas e operações relacionadas com o setor da água. Recorrendo a este tipo de soluções é possível obter uma gestão otimizada através da informação que permite:

- Controlar a pressão nas redes de abastecimento;
- Detetar a existência de perdas;
- Reduzir o consumo de água;
- Gerir de modo otimizado a infraestrutura de água.

O “software” recorre a tecnologia de gestão de dados avançadas, visualização, correlação e colaboração de modo a transformar as vastas quantidades de dados recebidos de vários dispositivos, que podem orientar a tomada de decisões executivas e operacionais.

Este tipo de soluções promovidas pela IBM reúne uma variedade de sistemas e gestão de dados, sistemas de informação ao cliente, sistemas de informação geográfica, sistemas de gestão informatizada de manutenção e ativos da empresa, níveis de pressão e caudal da água, entre outras oportunidades, tudo

isto numa única plataforma, o que apresenta grandes vantagens. A facilidade de adaptação e customização atendendo ao contexto onde é aplicada faculta uma ajuda aos clientes (EG e consumidores finais), possibilitando acompanhar e compreender o que está a acontecer com a “sua” água.

5

RESULTADOS

5.1. ENQUADRAMENTO

A metodologia apresentada no capítulo anterior tem por objetivo a garantia da redução do nível das perdas aparentes num sistema de abastecimento de água. Após implementada a já referida metodologia procede-se à substituição faseada de um conjunto de contadores envelhecidos e, eliminação de consumos ilícitos detetados. Assim, pretende-se neste capítulo observar o efeito dessa substituição na água faturada da entidade.

De modo a ser possível obter e comentar os resultados da implementação da metodologia e da substituição de um conjunto de contadores, procedeu-se a duas análises distintas. Uma mais genérica, realizando o balanço hídrico mensal, acompanhando a substituição de contadores e, outra mais localizada, analisando em particular a evolução da água faturada num determinado número de clientes com o contador substituído. Foi, então fornecido pela entidade gestora os dados necessários para o efeito. No entanto, a informação existente é bastante abrangente e complexa, sendo assim necessário passar por um processo de tratamento e filtragem.

Apresenta-se um excerto dos dados originais, descrevendo-se algumas particularidades que se revelaram importantes na fase de tratamento de dados.

Relativamente ao processamento de dados, foram realizadas as seguintes tarefas, consideradas cronologicamente:

- Análise descritiva;
- Detecção de dados anómalos;
- Normalização dos dados;

É de salientar que o volume de dados e as particularidades associadas às leituras dos consumos, originam um processo com algumas repetições de tarefas, especialmente ao nível da informação dos clientes, uma vez que ajustes e correções apenas são possíveis conhecendo dados que surgem em fases posteriores.

O tratamento de dados, passo prévio à obtenção de resultados, assume-se preponderante na definição e qualidade dos mesmos, uma vez que irregularidades diagnosticadas nos dados, influenciariam negativamente os valores encontrados. A ferramenta informática *Microsoft Excel* serviu de apoio a todo o processo de processamento e tratamento de dados.

5.2. DADOS FORNECIDOS PELA ENTIDADE GESTORA

5.2.1. TIPO DE LEITURA

Foi fornecido o acesso a uma plataforma digital que permitiu obter os valores de medições automáticas de caudal instantâneo, em metros cúbicos por hora (m^3/h). Esta medição efetua-se à saída do reservatório

de distribuição de Cimo da Inha, aferindo assim o caudal fornecido à rede de distribuição. As leituras são efetuadas de quinze em quinze minutos.

Foi também fornecida uma folha de *Excel* com toda a informação relativa à gestão de clientes, nomeadamente, os seus consumos, localização, entre outras. Como é um documento com muita informação, foi necessário fazer uma seleção dos dados importantes para a realização deste trabalho.

Por último, foi também fornecido um documento em *QGIS*, de modo a obter informações que não constassem do ficheiro *Excel*, como é o caso do cumprimento da rede de distribuição, e também de modo a permitir a análise espacial do terreno e dos clientes, que muitas vezes se revelou extremamente útil.

5.2.2.PERÍODO ABRANGIDO PELAS LEITURAS

O período abrangido pelos dados fornecidos relativamente ao reservatório cinge-se ao intervalo de tempo compreendido entre novembro de 2017, que foi a data da instalação do “*datalogger*”, e maio de 2018.

O ficheiro *Excel* com as informações sobre as leituras dos consumos de clientes abrange um período maior, nomeadamente, desde abril de 2015 até maio de 2018. No entanto, os dados relativos a 2015 originam-se após o início da exploração da Águas do Norte em Arouca, não sendo de todo fidedignos e, como tal, não foram sequer considerados.

5.3.PROCESSAMENTO DE DADOS

5.3.1.ANÁLISE DESCRITIVA

A primeira etapa do processamento de dados tem como objetivo principal caracterizá-los, através do cálculo de um conjunto de parâmetros e da identificação de potenciais dados anómalos ou menos fiáveis.

Esta primeira fase de processamento, consiste numa análise preliminar que tem como objetivo identificar as principais propriedades dos dados e aferir possíveis dados anómalos.

Sendo que o objetivo primordial passa por analisar o efeito da substituição dos contadores envelhecidos, torna-se então obrigatório estudar a folha de clientes e ver quais as informações que não teriam interesse prático para o estudo das perdas aparentes de modo a eliminá-las, agilizando assim o processo de análise. Após esse processo de filtragem eliminaram-se as colunas com dados relativos ao nome do fabricante do contador, o ramal, a identificação da ZMC velha, a zona de abastecimento, o tipo de consumo, e o local.

Por último, tendo em conta o objetivo, focou-se a procura apenas na gama de clientes referentes à zona em estudo, definida nos ficheiros da empresa como “610100 ARO.ZMC01”. Atinge-se assim, a um universo de 342 clientes em estudo.

No Quadro 5.2 apresenta-se um excerto de dados fornecidos pela entidade gestora.

Quadro 5.1- Excerto de dados da folha de clientes

Grupo	Nr.Cliente	AF2017	IDADE	Calibre	Nº Rua A.	Freguesia A.	ZMC_ACT	Data Instalação
61	205427	4	2	15	20459	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	16/08/2016
61	205516	63	5	15	21276	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	29/04/1993
61	205540	20	20	15	1082	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	28/01/1994
61	205605	178	8	15	1082	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	25/01/1994
61	205664	8	2	15	1082	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	28/10/2016

Como um dos objetivos que se pretende é a elaboração de um balanço hídrico, é necessário ter conhecimento rigoroso sobre o volume de água de entrada no sistema. Tendo em conta que a instalação do “*datalogger*” que permite ter acesso a esses valores através da plataforma digital só foi instalado em novembro, a elaboração do balanço hídrico só poderá ser feita a partir desse momento. Assim sendo, o procedimento seguinte passou por filtrar e aferir todos os clientes com contadores mudados desde dessa data (Quadro 5.2).

Quadro 5.2- Excerto de dados da folha de clientes com contadores mudados desde novembro de 2017

Grupo	Nr.Cliente	AF2017	IDADE	Calibre	Nº Rua A.	Freguesia A.	ZMC_ACT	Data Instalação
61	206512	123	1	15	21281	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	08/11/2017
61	241393	223	1	15	21456	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	08/11/2017
61	1172387	0	1	15	20945	ESCARIZ	610100 ARO.ZMC01	07/12/2017
61	1356704	5	1	15	21304	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	08/11/2017
61	1360337	0	1	15	20948	ESCARIZ	610100 ARO.ZMC01	22/12/2017
61	205834	36	1	15	21281	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	26/01/2018
61	205990	7	1	15	21456	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	29/01/2018
61	206253	-37	1	15	20456	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	25/01/2018
61	206300	163	1	15	21428	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	29/01/2018
61	206342	39	1	15	21436	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	25/01/2018
61	206440	213	1	15	21428	FERMEDO	610100 ARO.ZMC01	29/01/2018

5.3.2.DETEÇÃO E ELIMINAÇÃO DE DADOS ANÓMALOS

Um dado anômalo é uma observação que é inconsistente com as restantes observações e que se suspeita ter sido causada por acontecimentos diferentes daqueles que originam as restantes observações. Neste caso particular os dados anómalos são originários de:

- Problemas no processo de medição e recolha (fator maioritário);
- Situações de funcionamento do sistema fora do padrão normal.

Após ter sido feita a primeira seleção de dados relevante, foi fornecido pela entidade gestora uma folha com o consumo mensal de cada cliente desde que a mesma presta serviços de abastecimento de água na ZMC de Cimo da Inha,

Como já foi enunciado anteriormente, pretende-se estudar a evolução da água faturada em clientes cujo o contador tenha sido substituído. Observando a data de instalação dos contadores, foi perceptível que 53 contadores foram substituídos no mês de janeiro do presente ano, o que representa um valor elevado tendo em conta o número de clientes existentes.

Procedeu-se então, à eliminação de dados anómalos, de modo a aferir resultados válidos e com rigor. Observando a folha com os consumos mensais dos clientes e com os contadores substituídos em janeiro, eliminaram-se primariamente 4 clientes, cujo contrato terá sido anulado até ao mês de abril. Não existindo informação concreta sobre quando o contrato terá sido cessado, a faturação desse cliente poderá sofrer de falta de dados fiáveis, relativamente aos meses em estudo.

De seguida, eliminaram-se os clientes com consumo zero, ou seja, os clientes cujo efeito na água faturada não seria visível, visto não existir consumo. É de salientar desde já, que estes clientes merecem por parte da entidade gestora uma investigação mais detalhada. Existem muitos motivos válidos para que esse consumo seja zero, como a casa ser de segunda habitação, a existência de outra fonte de captação de água, ou até estar abandonada. No entanto, também pode ser um consumo zero por existência de ilícito, tendo todo o interesse para a entidade gestora a resolução do mesmo.

Após este processo, chega-se a um universo total de 31 clientes com o contador substituído no mês de janeiro, com condições válidas para análise.

5.3.3.NORMALIZAÇÃO DE DADOS

A etapa de normalização dos dados tem como objetivo uniformizar os dados na escala temporal e na escala de consumo, para que estes possam ser comparados quando provenientes de diferentes origens. Relativamente à evolução da água faturada, o ideal seria fazer a análise ao longo de um intervalo de tempo superior a um ano, de modo a abranger as variações de consumos sazonais. No entanto, como a substituição de contadores foi efetuada em janeiro, não será possível alcançar esse espaço temporal. Assim, de modo, a efetuar uma análise mais correta, recorreu-se além da media global, à média de três meses em análise (fevereiro, março e abril), nos anos de 2016, 2017 e 2018.

Após a seleção e eliminação de dados, percebeu-se que, a média dos três meses de 2018 sofria de alguma imprecisão proveniente de leituras estimadas, assim, decidiu-se adotar como valor de referência para esses meses apenas os valores de leituras reais existentes. Além disso, com o intuito de obter um valor completamente rigoroso para o consumo atual dos clientes, decidiu-se fazer a uma visita ao local no início do mês de junho e, proceder então à leitura real do consumo dos clientes no mês de maio. Em contadores inacessíveis, onde não foi possível realizar a leitura, considerou-se então o valor médio dos primeiros três meses.

Apresentam-se no Quadro 5.3 os valores obtidos para posterior análise da evolução da água faturada.

Quadro 5.3 – Faturação dos clientes

Sub Grupo	Cientes	1º Trimestre 2016	1ºTrim 2017	Média Global	1ºTrim 2018	Leitura Real
ARO.ZMC01	205834	1.33	1.66	2.51	7	7
ARO.ZMC01	205990	0.33	0.33	0.64	1	2
ARO.ZMC01	206300	13.67	11	13.8	22.4	27
ARO.ZMC01	206342	4.33	5	5.28	3.33	4
ARO.ZMC01	206440	14	22.33	18.08	18	24
ARO.ZMC01	206873	8	13.33	13.4	18	18
ARO.ZMC01	207349	7	0.66	2.43	3.66	3
ARO.ZMC01	237701	-0.67	0.5	2.63	4	3
ARO.ZMC01	240303	0.5	0.5	0.07	1	1
ARO.ZMC01	241385	2	0.66	0.98	3	3
ARO.ZMC01	241954	1.66	0	1.12	9	12
ARO.ZMC01	243850	-1.67	0.33	0.47	0	2
ARO.ZMC01	244570	11	8.67	9.4	10	12
ARO.ZMC01	252166	2.67	2.33	3.25	3	3
ARO.ZMC01	252239	7.67	7.67	9.94	8.33	8.33
ARO.ZMC01	252603	8.33	13.33	9.98	6	6
ARO.ZMC01	252743	5.66	7	6.71	7	7.5
ARO.ZMC01	252751	3.33	6.33	7.02	6	6
ARO.ZMC01	253332	3.33	2.33	2.64	3	3
ARO.ZMC01	253928	13.33	9.33	10.6	8.33	8.33
ARO.ZMC01	254207	-2	1	1	1.3	1.3
ARO.ZMC01	255629	4.33	5.33	5.78	3	4
ARO.ZMC01	257621	2	3	3.65	1	1
ARO.ZMC01	258660	11	6.67	7.264	7.67	7.67
ARO.ZMC01	262234	-6.67	0	3.25	0	4
ARO.ZMC01	269492	11.67	7.67	8.63	9	11
ARO.ZMC01	270997	-1.67	0	0.218	1.33	1.33
ARO.ZMC01	271004	1.33	0.3	0.15	8	12.3
ARO.ZMC01	273201	5.33	3	3.39	5.67	5.67
ARO.ZMC01	273678	13	11	12.55	9	9
ARO.ZMC01	273716	5	4.33	5.32	2	2

Nesta etapa foi também necessário corrigir uma falha ocorrida na leitura dos volumes de saída do reservatório de Cimo da Inha. Durante o mês de março, devido a uma quebra de energia, o “*datalogger*”, esteve em baixo, não enviando assim as leituras para a plataforma (Fig.5.1). Em relação ao mês de novembro, também só existem leituras a partir do dia 7, sendo assim necessário recorrer ao processo de extrapolação.

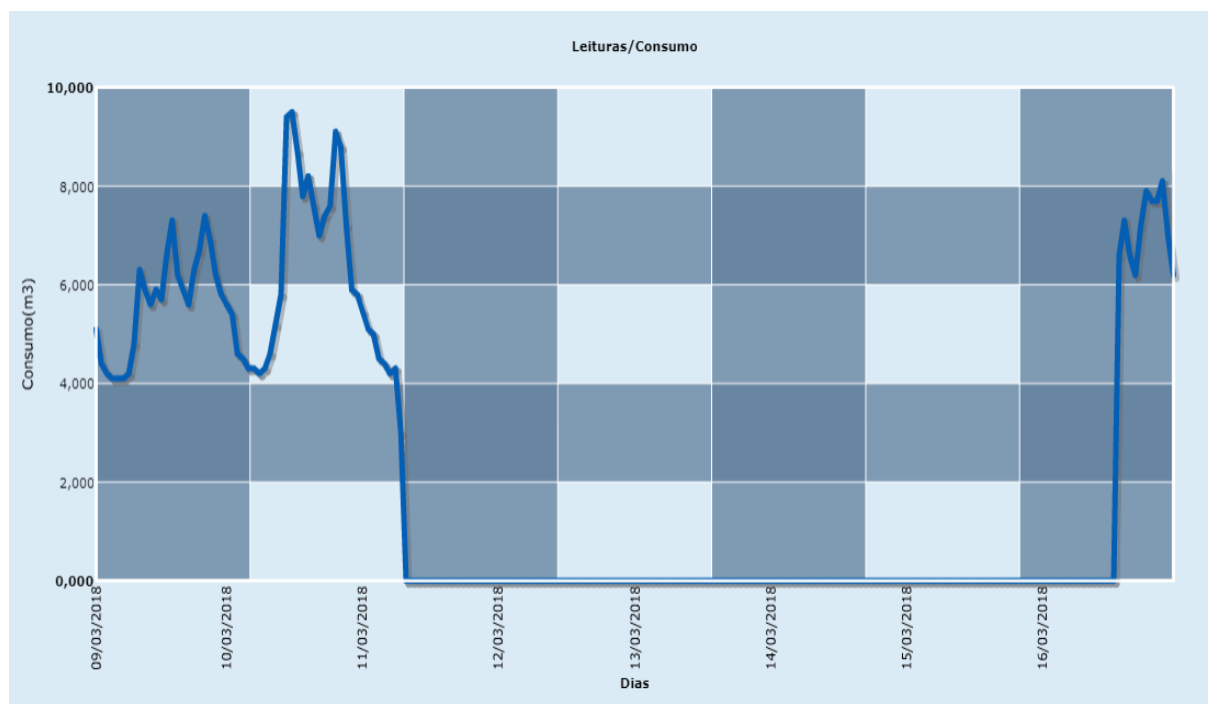


Figura 5.1 – Falha na leitura dos consumos do reservatório

A técnica mais simples consiste em preencher o passo sem registo com valores obtidos por interpolação. É evidente, que esta técnica retira alguma precisão aos resultados obtidos, pois o valor estimado pela interpolação dificilmente corresponderá ao real, no entanto, como a falha corresponde a um curto período de tempo, não é expectável que os valores sejam significativamente diferentes.

Na Fig.5.2 apresenta-se o gráfico representativo da interpolação efetuada, sendo que os pontos a azul representam os valores reais e, os pontos a vermelho representam os valores obtidos matematicamente.

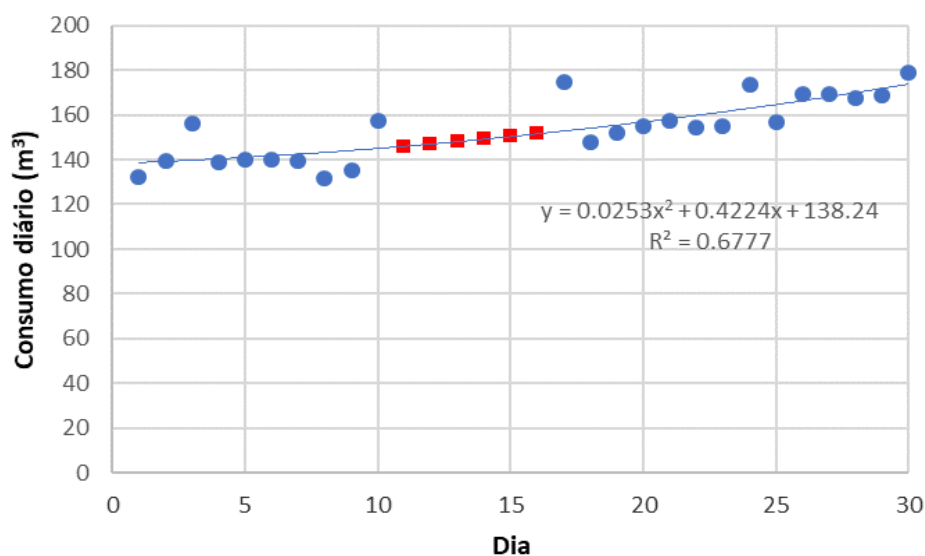


Figura 5.2 – Correção dos valores de consumo diário no mês de março

Assim, utilizando os valores de consumo existentes antes e após a falha, e recorrendo à interpolação acima descrita, foi possível obter os valores em falta, permitindo deste modo estimar o volume de entrada no sistema no mês de março (Quadro 5.4), que será posteriormente necessário na realização do balanço hídrico.

Quadro 5.4 – Consumo diário do reservatório no mês de março com valores corrigidos

Grupo	Contador	Índice Leitura	Consumo	Unidade	Última leitura data
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	47112.577	132.2	m3	01/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	47252.177	139.6	m3	02/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	47408.577	156.4	m3	03/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	47547.277	138.7	m3	04/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	47687.577	140.3	m3	05/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	47827.777	140.2	m3	06/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	47966.977	139.2	m3	07/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48098.477	131.5	m3	08/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48233.977	135.5	m3	09/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48391.077	157.1	m3	10/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48417.577	145.9	m3	11/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48417.577	147.0	m3	12/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48417.577	148.0	m3	13/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48417.577	149.1	m3	14/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48417.577	150.3	m3	15/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48500.177	151.5	m3	16/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48674.877	174.7	m3	17/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48822.677	147.8	m3	18/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	48974.477	151.8	m3	19/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	49129.577	155.1	m3	20/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	49287.077	157.5	m3	21/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	49441.577	154.5	m3	22/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	49596.677	155.1	m3	23/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	49770.277	173.6	m3	24/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	49927.077	156.8	m3	25/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	50096.577	169.5	m3	26/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	50265.777	169.2	m3	27/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	50433.077	167.3	m3	28/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	50601.877	168.8	m3	29/03/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	50780.577	178.7	m3	30/03/2018
Consumo Total			4582.9		

Na Fig.5.3 apresenta-se o gráfico representativo da extrapolação efetuada, sendo que os pontos a azul representam os valores reais e, os pontos a vermelho representam os valores obtidos matematicamente.

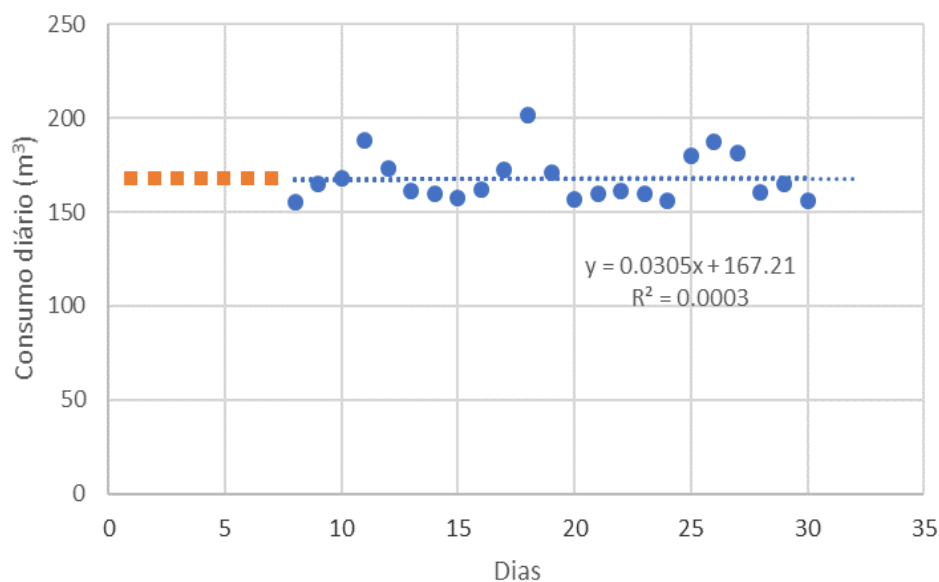


Figura 5.3 – Correção dos valores de consumo diário no mês de novembro

Concluído este processo, apresenta-se no Quadro 5.5 os valores reais e os estimados, referentes ao mês de novembro, de modo a obter o valor de água de entrada no sistema nesse mês. De realçar que, como é perceptível no gráfico, o consumo no mês de novembro foi altamente irregular, conferindo assim pouca fiabilidade aos valores obtidos a partir da extrapolação linear.

Quadro 5.5 – Consumo diário do reservatório no mês de novembro com valores corrigidos

Grupo	Contador	Consumo	Unidade	Última leitura data
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	173.2	m3	01/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	171.8	m3	02/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	171.1	m3	03/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	170.5	m3	04/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	170.2	m3	05/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	169.8	m3	06/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	169.5	m3	07/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	154.9	m3	08/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	164.6	m3	09/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	168.2	m3	10/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	188.4	m3	11/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	173.2	m3	12/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	161.1	m3	13/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	159.5	m3	14/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	157.5	m3	15/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	162.1	m3	16/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	172.1	m3	17/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	201.5	m3	18/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	170.9	m3	19/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	156.8	m3	20/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	159.9	m3	21/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	161.5	m3	22/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	160	m3	23/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	156.1	m3	24/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	179.8	m3	25/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	187.6	m3	26/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	181.5	m3	27/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	160.5	m3	28/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	165.2	m3	29/11/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	156.2	m3	30/11/2017
Consumo Total		5055.1		

5.4.RESULTADOS

5.4.1.BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico, como já foi abordado anteriormente é a ferramenta que permite a uma entidade gestora ter conhecimento do seu nível de perdas e, atuar em conformidade. Assim, de modo a aferir os

resultados que a metodologia proposta e consequente substituição de um conjunto de contadores envelhecidos provocam no nível de perdas aparentes, realizaram-se o balanço hídrico mensal da zona em estudo.

Água de Entrada no Sistema (AES)

O cálculo do valor de água de entrada no sistema é o ponto de partida para a elaboração do balanço hídrico. Esse valor é facilmente obtido com elevado rigor devido à instalação do medidor de caudal eletromagnético já referenciado anteriormente. Assim, apresentam-se nos seguintes quadros, os valores diários fornecidos pelo reservatório à população, durante os meses em estudo.

Quadro 5.6 – Consumo diário do reservatório no mês de dezembro

Grupo	Contador	Índice Leitura	Consumo	Unidade	Última leitura data
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	33240.077	170.4	m3	01/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	33415.077	175	m3	02/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	33577.677	162.6	m3	03/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	33741.377	163.7	m3	04/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	33894.177	152.8	m3	05/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	34050.477	156.3	m3	06/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	34213.177	162.7	m3	07/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	34383.177	170	m3	08/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	34555.677	172.5	m3	09/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	34710.177	154.5	m3	10/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	34873.377	163.2	m3	11/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	35036.377	163	m3	12/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	35190.577	154.2	m3	13/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	35334.377	143.8	m3	14/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	35486.377	152	m3	15/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	35660.677	174.3	m3	16/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	35822.177	161.5	m3	17/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	35971.977	149.8	m3	18/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	36118.577	146.6	m3	19/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	36270.777	152.2	m3	20/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	36419.177	148.4	m3	21/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	36579.377	160.2	m3	22/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	36759.977	180.6	m3	23/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	36939.477	179.5	m3	24/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	37097.077	157.6	m3	25/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	37253.377	156.3	m3	26/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	37419.777	166.4	m3	27/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	37569.577	149.8	m3	28/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	37730.777	161.2	m3	29/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	37917.477	186.7	m3	30/12/2017
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	38085.177	167.7	m3	31/12/2017
Consumo Total			5015.5		

Quadro 5.7 – Consumo diário do reservatório no mês de janeiro

Grupo	Contador	Índice Leitura	Consumo	Unidade	Última leitura data
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	38251.677	166.5	m3	01/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	38444.077	192.4	m3	02/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	38621.777	177.7	m3	03/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	38777.477	155.7	m3	04/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	38936.177	158.7	m3	05/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	39110.077	173.9	m3	06/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	39262.577	152.5	m3	07/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	39418.377	155.8	m3	08/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	39563.677	145.3	m3	09/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	39722.077	158.4	m3	10/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	39867.177	145.1	m3	11/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	40015.077	147.9	m3	12/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	40179.677	164.6	m3	13/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	40326.677	147	m3	14/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	40474.277	147.6	m3	15/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	40616.877	142.6	m3	16/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	40765.377	148.5	m3	17/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	40912.877	147.5	m3	18/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	41059.977	147.1	m3	19/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	41229.477	169.5	m3	20/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	41370.477	141	m3	21/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	41523.477	153	m3	22/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	41667.477	144	m3	23/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	41808.277	140.8	m3	24/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	41949.077	140.8	m3	25/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	42093.677	144.6	m3	26/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	42258.577	164.9	m3	27/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	42404.977	146.4	m3	28/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	42548.477	143.5	m3	29/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	42701.677	153.2	m3	30/01/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	42844.277	142.6	m3	31/01/2018
Consumo Total			4759.1		

Quadro 5.8 – Consumo diário do reservatório no mês de fevereiro

Grupo	Contador	Índice Leitura	Consumo	Unidade	Última leitura data
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	42983.277	139	m3	01/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	43142.177	158.9	m3	02/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	43314.177	172	m3	03/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	43457.677	143.5	m3	04/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	43601.777	144.1	m3	05/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	43742.677	140.9	m3	06/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	43884.677	142	m3	07/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	44027.077	142.4	m3	08/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	44177.477	150.4	m3	09/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	44343.277	165.8	m3	10/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	44481.477	138.2	m3	11/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	44622.077	140.6	m3	12/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	44759.377	137.3	m3	13/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	44893.577	134.2	m3	14/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	45028.777	135.2	m3	15/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	45191.377	162.6	m3	16/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	45374.577	183.2	m3	17/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	45514.577	140	m3	18/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	45651.677	137.1	m3	19/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	45790.377	138.7	m3	20/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	45933.077	142.7	m3	21/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	46075.877	142.8	m3	22/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	46221.377	145.5	m3	23/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	46383.977	162.6	m3	24/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	46543.877	159.9	m3	25/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	46703.177	159.3	m3	26/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	46844.177	141	m3	27/02/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	46980.377	136.2	m3	28/02/2018
Consumo Total			4136.1		

Quadro 5.9 – Consumo diário do reservatório no mês de abril

Grupo	Contador	Índice Leitura	Consumo	Unidade	Última leitura data
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	51175.68	173.9	m3	01/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	51345.28	169.6	m3	02/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	51513.28	168	m3	03/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	51691.88	178.6	m3	04/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	51871.18	179.3	m3	05/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	52028.28	157.1	m3	06/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	52195.78	167.5	m3	07/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	52342.58	146.8	m3	08/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	52494.08	151.5	m3	09/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	52644.48	150.4	m3	10/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	52806.08	161.6	m3	11/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	52957.18	151.1	m3	12/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	53123.18	166	m3	13/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	53305.08	181.9	m3	14/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	53469.98	164.9	m3	15/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	53638.68	168.7	m3	16/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	53798.88	160.2	m3	17/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	53961.18	162.3	m3	18/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	54122.08	160.9	m3	19/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	54290.08	168	m3	20/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	54478.38	188.3	m3	21/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	54643.38	165	m3	22/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	54815.88	172.5	m3	23/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	54990.48	174.6	m3	24/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	55184.88	194.4	m3	25/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	55362.68	177.8	m3	26/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	55530.28	167.6	m3	27/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	55721.68	191.4	m3	28/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	55885.38	163.7	m3	29/04/2018
AGUAS DO NORTE	3K220000407654	56031.38	146	m3	30/04/2018
Consumo Total			5029.6		

Consumo Autorizado Faturado

Esta componente é calculada com recurso à folha com os consumos mensais dos clientes, fornecida pela entidade gestora. Apresenta-se no Quadro 5.10 o somatório do consumo mensal de todos os clientes.

Quadro 5.10 – Consumo mensal

	2017 Novembro	2017 Dezembro	2018 Janeiro	2018 Fevereiro	2018 Março	2018 Abril
Água Faturada (m ³)	1251	1890	1550	1888	1665	1874

Consumo Autorizado Não Faturado

Esta componente, caracteriza-se pelo consumo de água autorizado que não gera receita para a entidade gestora. Neste contexto, enquadra-se essencialmente os serviços de combates a incêndios, cuja água é fornecida pelos sistemas de abastecimento. No entanto, não é faturada e, na maioria das situações não chega sequer a ser medida.

Na maioria dos balanços hídricos, o que a EG opta por fazer é estimar um valor para esse volume. No presente caso de estudo, devido à ZMC ser de pequenas dimensões é possível conhecer com rigor situações de consumo autorizado não faturada que, neste caso são inexistentes, logo o seu valor será nulo no balanço hídrico. Assim, conferido mais fiabilidade nos valores finais, o cálculo desta componente realça também mais uma vantagem da definição de ZMC de pequenas dimensões.

Perdas Reais

Uma das metodologias mais utilizadas no cálculo das perdas reais é a análise do consumo mínimo noturno. O consumo da população sofre variações ao longo do dia, atingindo o seu pico ao início da manhã, por contraste o seu mínimo é observado tipicamente num período entre as 2h e as 4h da manhã.

Na Fig. 5.4 apresenta-se a variação do consumo diário típico segundo (Farley *et al.*, 2008), sendo perfeitamente perceptível o ponto de consumo máximo e mínimo. Na Fig. 5.5 apresenta-se a variação do consumo diário correspondente ao caso de estudo, de modo a identificar as semelhanças

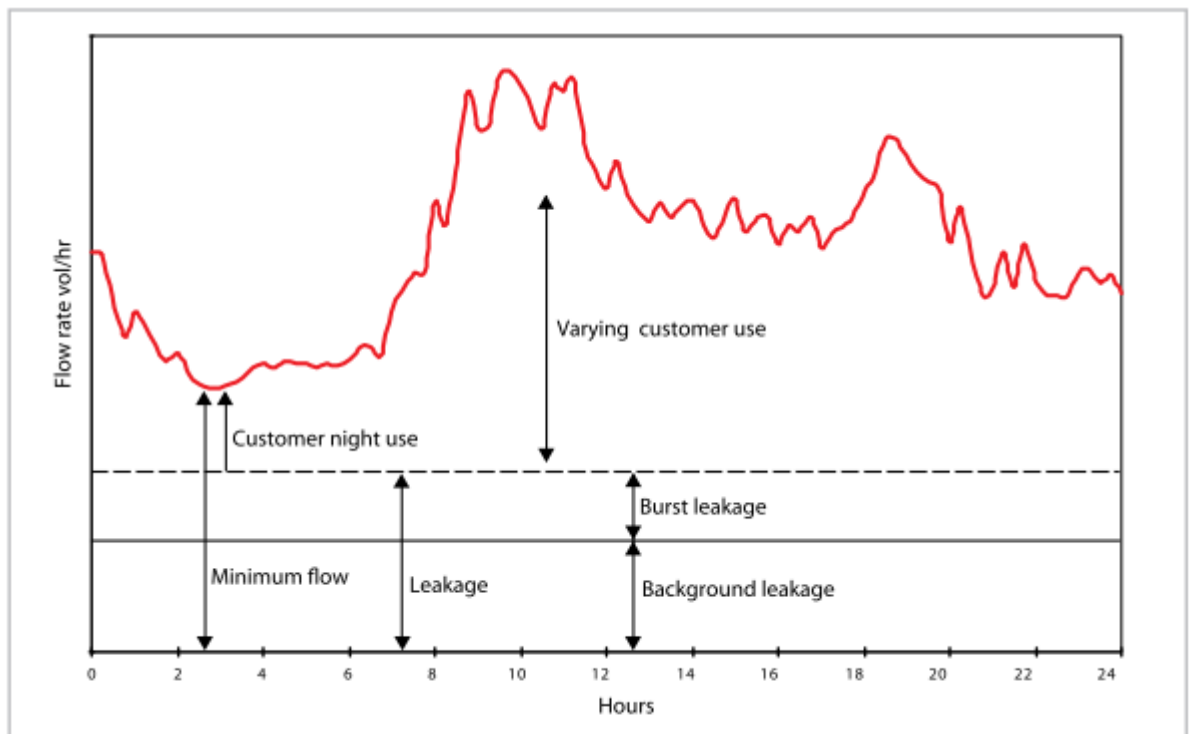


Figura 5.4 – Variação típica do consumo diário (Farley et al., 2008)

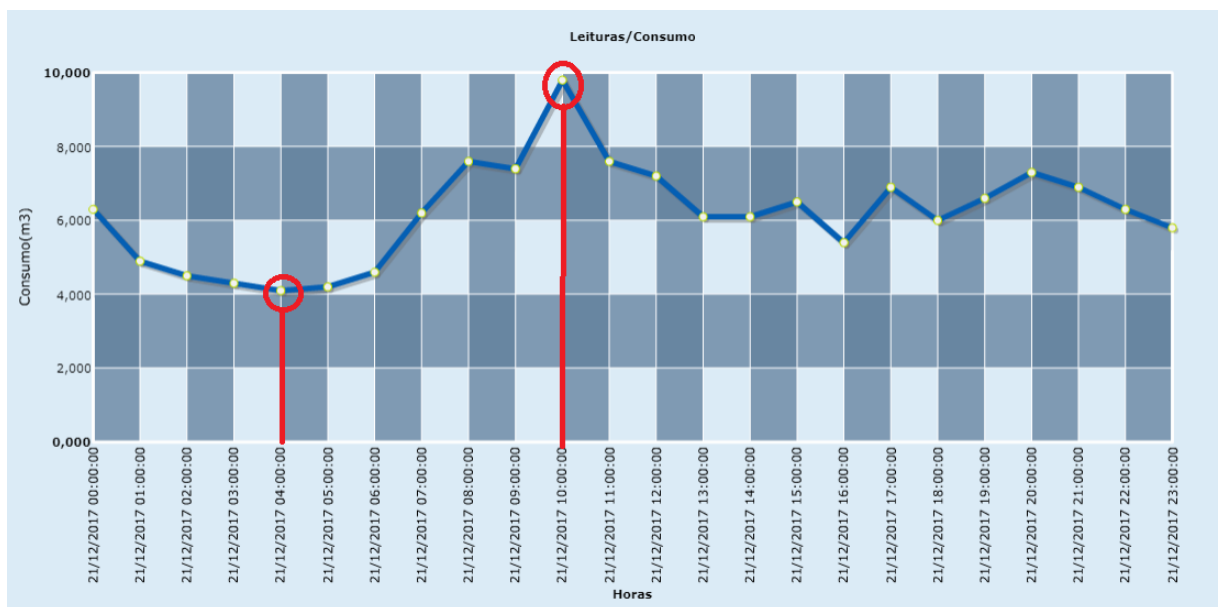


Figura 5.5 – Exemplo da variação do consumo ao longo de 24h no caso de estudo, no dia 21 de dezembro

Como se percebe pela Fig.5.4, o consumo mínimo noturno é constituído por duas componentes: o eventual consumo real dos clientes e, as perdas devido a fugas nos ramais ou na rede de distribuição.

Assim, uma maneira consideravelmente eficaz de calcular o valor das perdas reais, é obter o valor do consumo mínimo noturno, ao qual se subtrairá um valor para o consumo estimado.

Nesse sentido, foi então analisado através das leituras diárias facultadas pela entidade gestora, qual o caudal mínimo noturno em cada mês. Seguidamente, atribui-se o valor de 2l/h/contador, como consumo estimado. Este valor foi obtido recorrendo a pesquisa bibliográfica adequada.

A título exemplificativo apresenta-se na Fig.5.6 o gráfico correspondente ao consumo diário do reservatório do mês de novembro onde é possível verificar o consumo mínimo noturno, colocando os restantes gráficos em anexo.

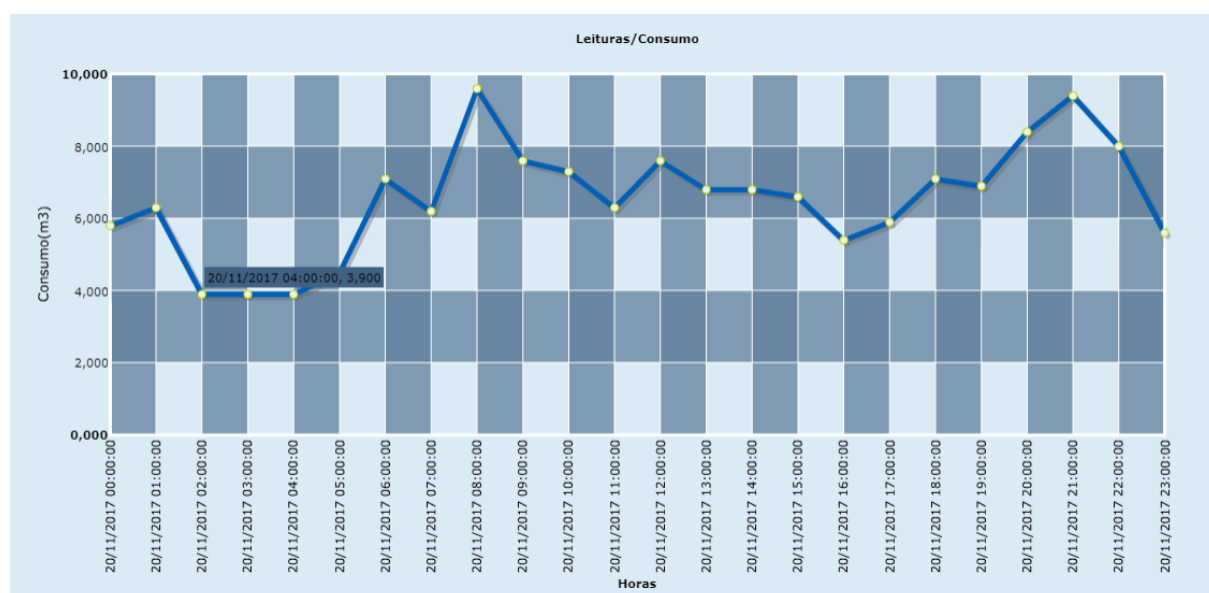


Figura 5.6 – Verificação do consumo mínimo

Feitas todas as considerações anteriores, obtêm-se então as perdas aparentes subtraindo à água de entrada no sistema, a água faturada e as perdas reais. Assim, apresenta-se seguidamente um conjunto de balanços hídricos elaborados numa base mensal, de modo a que seja possível analisar os efeitos das medidas de redução de perdas aparentes adotadas. Realça-se ainda que não foi possível fazer a distinção perdas aparentes entre consumos ilícitos e erros de medição, visto não existir registos sobre a ocorrência e eliminação dos ilícitos.

Água de Entrada no Sistema 5055.5 m ³ /mês 100,00%	Consumo Autorizado 1251 m ³ /mês 24,70%	Consumo Autorizado Faturado 1251 m ³ /mês 24,70%	Água Faturada 1251 m ³ /mês 24,70%
		Consumo Autorizado Não Faturado 0%	Água Não Faturada 3804,5 m ³ /mês 75,30%
	Perdas de Água 3804,5 m ³ /mês 75,30%	Perdas Aparentes 1489 m ³ /mês 29,5%	
		Perdas Reais 2315,5 m ³ /mês 45,8%	

Figura 5.7 – Balanço Hídrico do mês de novembro

Água de Entrada no Sistema 5015.5 m ³ /mês 100,00%	Consumo Autorizado 1690 m ³ /mês 33,70%	Consumo Autorizado Faturado 1690 m ³ /mês 33,70%	Água Faturada 1690 m ³ /mês 33,70%
		Consumo Autorizado Não Faturado 0%	Água Não Faturada 3325,5 m ³ /mês 66,30%
	Perdas de Água 3325,5 m ³ /mês 66,30%	Perdas Aparentes 784 m ³ /mês 15,6%	
		Perdas Reais 2541,5 m ³ /mês 50,7%	

Figura 5.8 – Balanço Hídrico do mês de dezembro

<p>Água de Entrada no Sistema</p> <p>4759,1 m³/mês</p> <p>100,00%</p>	<p>Consumo Autorizado</p> <p>1550 m³/mês</p> <p>32,60%</p>	<p>Consumo Autorizado Faturado</p> <p>1550 m³/mês</p> <p>32,60%</p>	<p>Água Faturada</p> <p>1550 m³/mês</p> <p>32,60%</p>
		<p>Consumo Autorizado Não Faturado</p> <p>0%</p>	<p>Água Não Faturada</p> <p>3209,1 m³/mês</p> <p>67,40%</p>
	<p>Perdas de Água</p> <p>3209,1 m³/mês</p> <p>67,40%</p>	<p>Perdas Aparentes</p> <p>742 m³/mês</p> <p>15,6%</p>	
		<p>Perdas Reais</p> <p>2467,1 m³/mês</p> <p>51,8%</p>	

Figura 5.9 – Balanço Hídrico do mês de janeiro

<p>Água de Entrada no Sistema</p> <p>4136,1 m³/mês</p> <p>100,00%</p>	<p>Consumo Autorizado</p> <p>1888 m³/mês</p> <p>45,60%</p>	<p>Consumo Autorizado Faturado</p> <p>1888 m³/mês</p> <p>45,60%</p>	<p>Água Faturada</p> <p>1888 m³/mês</p> <p>45,60%</p>
		<p>Consumo Autorizado Não Faturado</p> <p>0%</p>	<p>Água Não Faturada</p> <p>2248,1 m³/mês</p> <p>54,40%</p>
	<p>Perdas de Água</p> <p>2248,1 m³/mês</p> <p>54,40%</p>	<p>Perdas Aparentes</p> <p>86,9 m³/mês</p> <p>2 %</p>	
		<p>Perdas Reais</p> <p>2161,2 m³/mês</p> <p>52,3%</p>	

Figura 5.10 – Balanço Hídrico do mês de fevereiro

<p>Água de Entrada no Sistema</p> <p>4582 m³/mês</p> <p>100,00%</p>	<p>Consumo Autorizado</p> <p>1665 m³/mês</p> <p>36,3 %</p>	<p>Consumo Autorizado Faturado</p> <p>1665 m³/mês</p> <p>36,30%</p>	<p>Água Faturada</p> <p>1665 m³/mês</p> <p>36,30%</p>
		<p>Consumo Autorizado Não Faturado</p> <p>0%</p>	<p>Água Não Faturada</p> <p>2917 m³/mês</p> <p>63,70%</p>
	<p>Perdas de Água</p> <p>2917 m³/mês</p> <p>63,70%</p>	<p>Perdas Aparentes</p> <p>375,5 m³/mês</p> <p>8,2 %</p>	
		<p>Perdas Reais</p> <p>2541,5 m³/mês</p> <p>55,5%</p>	

Figura 5.11 – Balanço Hídrico do mês de março

<p>Água de Entrada no Sistema</p> <p>5029,6 m³/mês</p> <p>100,00%</p>	<p>Consumo Autorizado</p> <p>1874 m³/mês</p> <p>37,25%</p>	<p>Consumo Autorizado Faturado</p> <p>1874 m³/mês</p> <p>37,25%</p>	<p>Água Faturada</p> <p>1874 m³/mês</p> <p>37,25%</p>
		<p>Consumo Autorizado Não Faturado</p> <p>0%</p>	<p>Água Não Faturada</p> <p>3155,6 m³/mês</p> <p>62,75%</p>
	<p>Perdas de Água</p> <p>3155,6 m³/mês</p> <p>62,75%</p>	<p>Perdas Aparentes</p> <p>264,1 m³/mês</p> <p>5,25%</p>	
		<p>Perdas Reais</p> <p>2891,5 m³/mês</p> <p>57,50%</p>	

Figura 5.12 – Balanço Hídrico do mês de abril

Água de Entrada no Sistema 4320 m ³ /mês 100,00%	Consumo Autorizado 1868 m ³ /mês 43,20%	Consumo Autorizado Faturado 1868 m ³ /mês 43,20%	Água Faturada 1868 m ³ /mês 43,20%
		Consumo Autorizado Não Faturado 0%	Água Não Faturada 2452 m ³ /mês 56,80%
	Perdas de Água 2452 m ³ /mês 56,80%	Perdas Aparentes 350 m ³ /mês 8,10%	
		Perdas Reais 2102 m ³ /mês 48,70%	

Figura 5.13 – Balanço Hídrico do mês de maio

De modo a permitir uma observação mais intuitiva dos valores obtidos através dos balanços hídricos mensais, apresenta-se na Figura 5.14 um balanço hídrico de todos os meses agregado.

Balanço Hídrico	2017 Novembro		2017 Dezembro		2018 Janeiro		2018 Fevereiro		2018 Março		2018 Abril		2018 Maio	
	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%	m3	%
AES	5055,5	100	5015,5	100	4759,1	100	4136,1	100	4582	100	5029,6	100	4320	100
Água Faturada	1251	24,70	1690	33,70	1550	32,60	1888	45,60	1665	36,30	1874	37,25	1868	43,20
Perdas de Água	3804,5	75,30	3325,25	66,30	3209,1	67,40	2248,1	54,40	2917	63,70	3155,6	62,75	2452	56,80
Perdas Reais	2315,5	45,80	2541,5	50,70	2467,1	51,80	2161,2	52,30	2541,5	55,50	2891,5	57,50	2102	48,70
Perdas Aparentes	1489	29,50	784	15,60	742	15,60	86,9	2,10	375,5	8,20	264,1	5,25	350	8,10

Figura 5.14 – Balanço Hídrico

Os valores apresentados na Fig.5.14 encontram-se representados nos gráficos das figuras 5.15 à 5.17, permitindo uma visualização da evolução dos resultados ao longo dos meses em estudo.

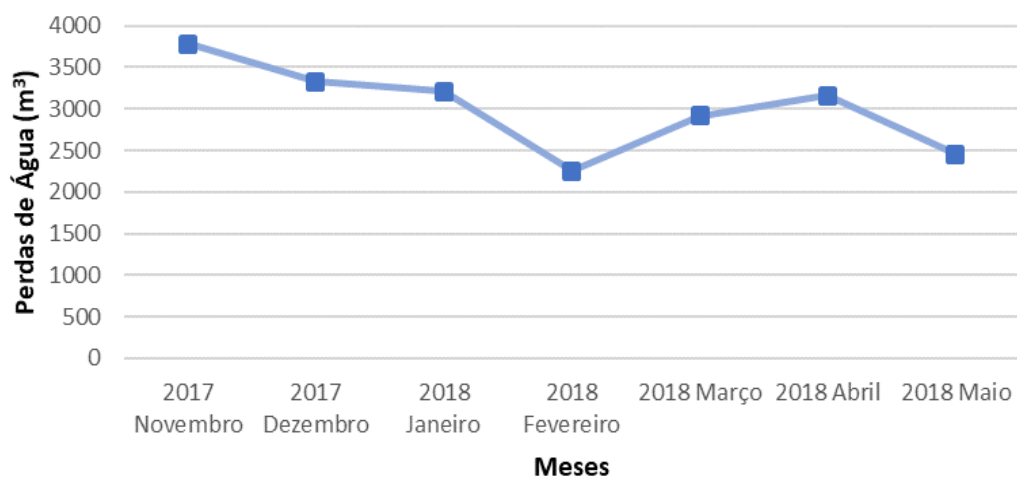


Figura 5.15 – Evolução das perdas de água

Relativamente à evolução da água não faturada (perdas de água reais e aparentes), constata-se uma diminuição significativa, partindo de um ponto inicial de 3804m³, até 2452m³, à data da análise. De notar ainda que, em fevereiro atingiu-se o valor mínimo de perdas, voltando a subir a partir desse momento. Exalta-se assim, a natureza dinâmica de um SAA, e a necessidade de após se atingir resultados positivos, ser necessário uma continua monitorização e manutenção da rede.

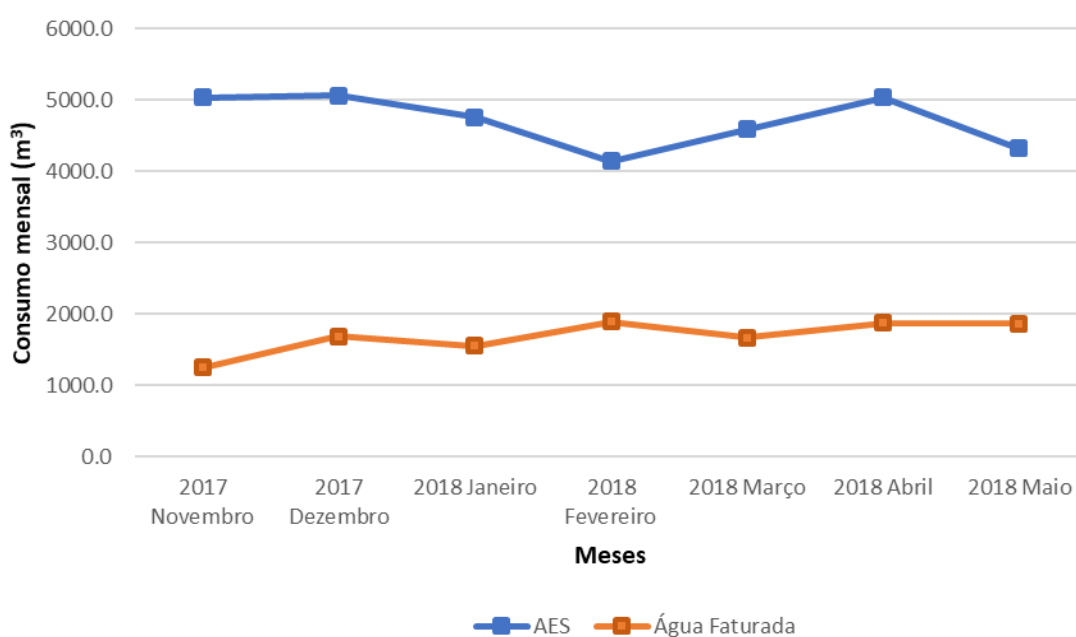


Figura 5.16 – Redução da Água Não Faturada

Na Fig. 5.16 representa-se a redução da água não faturada ao longo dos meses. Sendo a água não faturada a diferença entre AES e a água faturada, o ideal seria que as linhas se fossem aproximando continuamente, até estabilizarem dentro dos níveis pretendidos. Analisando a figura percebe-se que as linhas efetivamente se aproximam, ou seja, reduzindo o valor da água não faturada especialmente até fevereiro, voltando-se a afastar ligeiramente a partir desse momento. Apesar desse afastamento, o valor da água não faturada à data, melhorou consideravelmente quando comparado com o seu estado inicial.

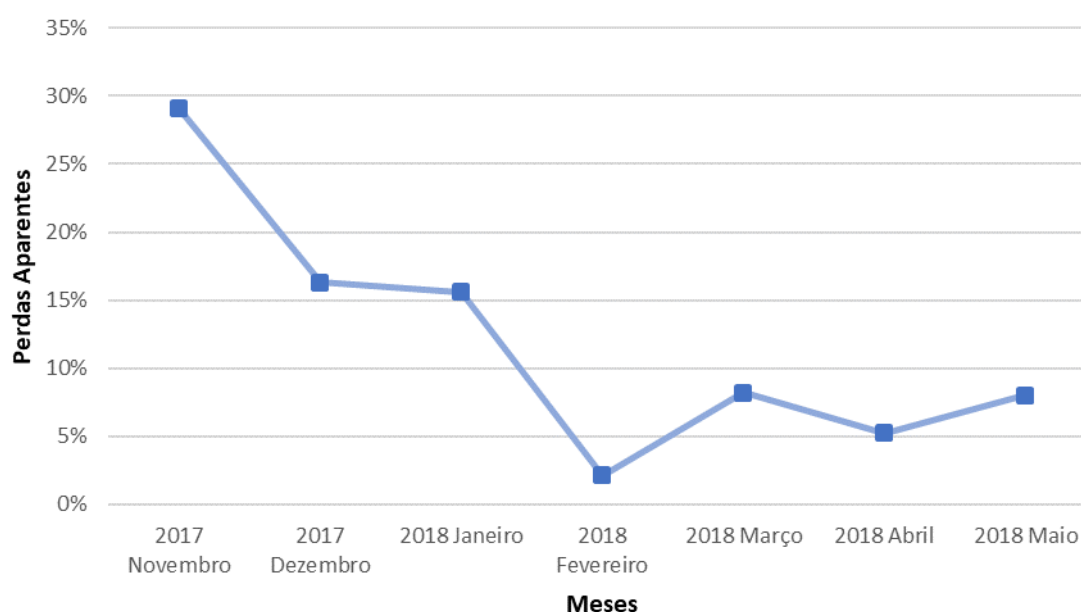


Figura 5.17 – Evolução do nível de perdas aparentes

A Fig.5.17 representa a evolução da percentagem das perdas aparentes, em relação à água de entrada no sistema. É, assim possível observar os resultados positivos que as substituições dos contadores envelhecidos geraram no nível de perdas aparentes. Comparando, a situação inicial com a final, constata-se uma redução de cerca de 21%. É importante realçar que o valor obtido em novembro pode ser algo inflacionado pelos valores estimados na extrapolação linear, ainda assim, é perceptível a clara redução do nível de perdas aparentes conforme se foi procedendo à renovação gradual do parque de contadores.

5.4.2.EVOLUÇÃO DA ÁGUA FATURADA

Como ficou evidenciado anteriormente, a análise das perdas aparentes com recurso ao balanço hídrico está dependente de algumas estimativas, como na obtenção do valor das perdas reais. Assim, de modo a retirar essa dependência de outras variáveis, revelou-se oportuno fazer um estudo detalhado do que aconteceu aos consumos dos clientes cujo contador foi mudado no mês de janeiro.

Como já foi referenciado, os contadores vão perdendo rigor na medição do caudal ao longo do seu período de vida útil, até que em casos extremos, de contadores com mais de 20 anos o erro ronde os 20% ou mais.

Tendo sido exibido anteriormente o quadro com os consumos individualizados de cada cliente, apresenta-se agora no Quadro 5.12 o somatório dos valores.

Quadro 5.11 – Somatório dos consumos dos clientes em análise

	Trim 2016	Trim 2017	Média Global	Trim 2018	Leitura Real
Somatório dos Consumos (m ³)	149.12	155.59	172.2	190.02	219.43

Após a realização do quadro acima apresentada, é possível retirar várias conclusões sobre a temática abordada na presente dissertação.

Tendo os contadores um erro bastante associado à sua idade e, sendo esse o principal fator das perdas aparentes, é expectável que com a substituição de contadores envelhecidos, os valores dos consumos aumentem devido a uma maior precisão do novo contador, gerando assim um incremento de receita por parte da EG.

É evidente que o aumento do consumo se pode dever a um aumento real de consumo por parte do cliente (existem grandes variações sazonais), e não por maior precisão no cálculo do volume. Com fundamento nesta questão e, como à data do trabalho não existia registos anuais dos contadores desde a sua mudança em janeiro, decidiu-se dividir a comparação em várias componentes. Além disso, como alguns dos valores fornecidos pela empresa relativa ao trimestre (fevereiro, março e abril) de 2018, eram valores estimados, decidiu-se proceder a uma leitura real, garantindo assim um maior grau de precisão.

Assim, é perfeitamente visível a alteração positiva que os valores dos consumos sofreram. Todos os valores anteriores à mudança dos contadores, são consideravelmente inferiores aos valores obtidos após a mudança.

Mesmo comparando os valores da média global, que são valores onde entram os meses de verão cujo o consumo tende a ser maior, com o valor médio do trimestre de 2018, obtém-se um acréscimo de praticamente 10%.

Fazendo a comparação do valor da média global, com o valor obtido da leitura real, que é um valor mais fiável e rigoroso, obtém-se um acréscimo de 27%.

Carecendo esta análise de algum rigor, os valores dos trimestres de 2016 e 2017 contêm leituras estimadas e a média global contêm consumos inflacionados pela sazonalidade, fica claramente comprovada as vantagens da substituição dos contadores envelhecidos.

5.4.3. ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO

No sentido de analisar o possível benefício que a entidade gestora poderá obter da redução do nível de perdas aparentes, através da metodologia proposta e depois da substituição dos 31 contadores, apresenta-se neste item uma comparação entre o custo de implementação e o volume de água recuperável com esta alteração

Para a realização de uma breve análise custo-benefício consideram-se os seguintes valores de custos unitários de base:

- Custo da substituição de cada contador: €30/unidade
- Preço de venda da água: Escalão 1 - 5 m³ - €1.14/m³
Escalão 6 - 15 m³ - €2.12/m³
Escalão 16 - 25 m³ - €3.86/m³

Em relação ao preço de venda da água, é necessário fazer um comentário relativamente ao seu valor. Num serviço de abastecimento de água a tarifa de água funciona por escalões, isto é, quanto mais água se consumir, mais elevado é o montante a pagar. Além disso, há que ter em conta, e esta é uma das vantagens da redução de perdas aparentes, que quando se fala em preço de venda da água o seu valor engloba também a tarifa do saneamento, pois o preço do saneamento é obtido em função do consumo de água. Assim sendo, o cálculo do preço de venda de água é a soma do preço por metro cúbico de água somando o preço por metro cúbico do saneamento.

Uma vez que não existe uma certeza quanto aos volumes totais de perdas recuperáveis, variando conforme a comparação efetuada, proceder-se-á a uma estimativa do valor recuperável mínimo (Quadro 5.13) e o máximo (Quadro 5.14).

Quadro 5.12 – Estimativa das perdas aparentes recuperáveis mínimas

Perdas Aparentes Recuperáveis Mínimas	
Custo da Implementação	€930
Tarifa da água	€1,14/m ³ - 1º Escalão €2,12/m ³ – 2º Escalão €3,86/m ³ – 3º Escalão
Perdas recuperáveis	8,68 m ³ /mês – 1º Escalão 0,74 m ³ /mês – 2º Escalão 8,4 m ³ /mês – 3º Escalão
Valor mensal	€43,9
Valor anual	€526,8

O volume de perdas recuperáveis estimadas no Quadro 5.13 teve por base a diferença entre o consumo médio mensal no trimestre em análise de 2018 (fevereiro, março e abril) e o consumo médio mensal global até à data de substituição dos contadores. O custo de implementação foi obtido multiplicando o número de contadores substituídos (31) pelo custo unitário.

Analisando os valores indicados conclui-se que o valor de perdas recuperáveis mínimas gera um incremento anual de €526,8 por ano, valor inferior ao custo de implementação, só tornando o investimento recuperável ao fim de aproximadamente dois anos. Ainda assim, além de ao final de dois anos a entidade gestora já usufruir de um aumento de receita devido à redução das perdas aparentes, esse efeito positivo continuará a ser sentido ao longo de alguns anos até que exista novamente a necessidade de substituir os contadores.

Considerando agora a situação de admissão de que o volume de perdas recuperáveis estimadas tem por base a diferença entre o consumo mensal no mês de maio, através de leituras reais, e o consumo médio

mensal no trimestre de 2016, indicam-se no quadro seguinte os valores obtidos que seguiram a mesma fórmula de cálculo que na análise anterior.

Quadro 5.13 – Estimativa das perdas aparentes recuperáveis máximas

Perdas Aparentes Recuperáveis Máximas	
Custo da Implementação	€930
Tarifa da água	€1,14/m ³ - 1º Escalão €2,12/m ³ – 2º Escalão €3,86/m ³ – 3º Escalão
Perdas recuperáveis	36,0 m ³ /mês – 1º Escalão 13,3 m ³ /mês – 2º Escalão 21 m ³ /mês – 3º Escalão
Valor mensal	€150,3
Valor anual	€1.803,60

Observando tais resultados percebe-se que o investimento feito pela EG é recuperado ao fim de cerca de seis meses. Neste cenário, ainda que sendo o mais positivo, a EG recupera rapidamente o investimento e, ainda pode gerar um incremento de receita extraordinária na casa dos milhares de euros até que seja necessária nova substituição dos contadores.

Conclui-se assim, que além do ponto de vista social, a redução no nível de perdas aparentes gera claros efeitos positivos numa entidade gestora a nível financeiro. É ainda importante realçar que, esta análise custo-benefício foi realizada numa ZMC de reduzidas dimensões onde não existiam grandes consumidores. Numa ZMC em que existam grandes consumidores esses indicadores serão ainda mais motivadores, principalmente devido ao escalão de consumo em que esses consumidores estão inseridos.

6

CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

6.1. CONCLUSÕES

As perdas aparentes representam uma parcela importante da água não faturada. Diversas Entidades Gestoras menosprezam a sua importância por representarem, por norma, percentagem inferior à das perdas reais. No entanto, a sua redução pode gerar uma receita maior do que as últimas visto a sua valorização ser feita a um preço consideravelmente maior.

Nos dias de hoje, em que o risco de “stress hídrico” é notório, uma Entidade Gestora tem de exigir a si própria o aumento dos seus níveis de eficiência, caminhando para uma maior sustentabilidade financeira e ambiental. É nesse sentido que surge o interesse da metodologia desenvolvida na presente dissertação.

A metodologia proposta constitui uma base para análise do consumo de água, extraindo conhecimento útil e precursor sobre a principal solicitação dos sistemas de abastecimento de água (o consumo), gerando assim a informação necessária para atuar em conformidade.

A implementação, por parte de uma Entidade Gestora, de uma estratégia integrada de monitorização e controlo ativo de perdas conduz, geralmente, não só a ganhos de eficiência operacional, financeira e ambiental, como tende a constituir-se como um estímulo de uma profunda mudança comportamental da própria organização.

A realização deste estudo permitiu o desenvolvimento de procedimentos sistemáticos, no plano estratégico que quando associados com uma política séria de eliminação de consumos ilícitos e substituição dos contadores envelhecidos revelou resultados bastante satisfatórios. Depois de tomadas todas as decisões do plano estratégico, é necessário que a implementação seja acompanhada por profissionais de qualidade, de modo a conferir maior credibilidade.

Além dos resultados positivos ao nível de redução de perdas aparentes, é importante realçar que as mesmas representam um incremento de receita praticamente instantâneo e que perduram no tempo, isto é, os efeitos sentidos com a substituição de um contador envelhecido serão sentidos ao longo de um período de tempo consideravelmente longo.

Ao longo da realização deste trabalho, foram sentidas algumas dificuldades, nomeadamente na recolha e análise de dados principalmente devido à duração do mesmo. Seria de todo o interesse e, conferiria um maior rigor ao balanço hídrico, caso o mesmo abrangesse um período de 12 meses, o que não foi possível tendo em conta o intervalo de tempo no qual decorreu a presente dissertação.

Em suma, conclui-se que a exploração de metodologias capazes de reduzir o nível de perdas aparentes tem, ainda, potencial para ser desenvolvida e melhorada, apesar dos resultados motivadores obtidos neste trabalho.

Por fim, a oportunidade de realizar todo o tipo de pesquisas, recolha e análise de informação, no interior de uma EG, proporcionou uma abertura de mentalidade e um acréscimo significativo de conhecimento em relação ao atual SAA em Portugal.

6.2.DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Com a realização da presente dissertação a ocorrer em ambiente empresarial, tornou-se possível observar limitações reais no que à gestão de um sistema de abastecimento de água diz respeito, e em especial no combate às perdas aparentes.

Ainda que, o estudo tenha comprovado claramente o valor da implementação de uma metodologia de redução de perdas, a limitação temporal associada a diversas dificuldades sentidas, como o acesso a leituras reais, impediu a realização de análises mais completas. Assim, apresentam-se agora algumas propostas de assunto que poderiam ser explorados, com interesse, tanto para futuros trabalhos como para estudos da própria Entidade Gestora:

- Estudo de parâmetros a considerar para a análise do momento ideal da substituição de um contador;
- Análise da implementação, em toda a rede municipal, do controlo de todos os contadores, para que seja possível a partir do sistema de telegestão observar os consumos de todos os clientes;
- Implementação de um estudo, com o objetivo de estimar fluxos urbanos diários e sazonais de modo a entender melhor as variações nos consumos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁguaGlobal. (2014). Setor Português da Água. *AEP - Associação Empresarial de Portugal*, (1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Águas do Norte, S. A. (2017). Relatório e Contas_Ano 2017.pdf.
- Albuquerque, C. De. (2012). *Good practices in realising the rights to water and sanitation*.
- Alegre, H. (2005). *Controlo de Perdas de Água em Sistemas de Adução e Distribuição*.
- Alegre, H., Wolfram, H., Baptista, J. M., & Parena, R. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Almeida, O. (2017). *A Sustentabilidade dos Sistemas de Abastecimento de Água - A Emergência do Combate às Perdas de Água e o Papel do Regulador*.
- Ambrósio, A. (n.d.). O envolvimento dos sectores público e privado no abastecimento de água e na drenagem e tratamento de águas residuais em Portugal, (1).
- Arregui, F., Jr, E. C., Cobacho, R., & García-serra, J. (2005). KEY FACTORS AFFECTING WATER METER ACCURACY, 1–10.
- Arregui, F., Jr, E. C., Cobacho, R., & García-serra, J. (2006). *Integrated Water Meter Management*. IWA Publishing, London.
- Canto-Rios, J., Santos-Tellez, R., Rodriguez, P., Leyva, E., & Martinez, V. (2014). Methodology for the identification of apparent losses in water distribution networks. *Procedia Engineering*, 70, 238–247. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.027>
- Cardoso-Gonçalves, J., & Tentugal-Valente, J. (2017). Gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, 1–12.
- Comissão do Ambiente, O. do T. e P. L. R. (2012). Qualidade e sustentabilidade dos serviços de abastecimento de águas e saneamento.
- Cunha, R., & Witte, K. De. (2011). Is big better ? On scale and scope economies in the Portuguese water sector. *Economic Modelling*, 28(3), 1009–1016. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2010.11.014>
- DN. (2017). Estudo - Operadores privados de água com serviço melhor e mais barato. Retrieved April 20, 2018, from <https://www.dn.pt/dinheiro/interior/operadores-privados-na-agua-prestam-servico-melhor-e-mais-economico---estudo-8603482.html>
- Epal. (n.d.). Telegestão. Retrieved June 12, 2018, from <http://www.epal.pt/EPAL/menu/água/sistema-de-abastecimento/telegestão>
- Epal, T. E. (2015). *Controlo Ativo de Perdas de Água*.
- ERSAR. (2011). *Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal*.
- ERSAR. (2013). *Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal – Controlo da Qualidade da Água para Consumo Humano*.

- ERSAR. (2018). A Nova Legislação da Água para Consumo Humano - O que se mantém e o que muda.
- Ervideira, A. M. F. (2014). *Perdas em Redes de Abastecimento de Água - Sistemas de detecção, controlo e gestão. Aplicação do conceito Smart Cities na óptica de sustentabilidade do ciclo da água.*
- Fallis, P., Hübschen, K., Oertlé, E., Ziegler, D., Klingel, P., Knobloch, A., ... Laures, C. (2011). Guidelines for Water Loss Reduction – A Focus on Pressure Management. *Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).*
- Farley, M. (WaterLinks), Wyeth, G. (WaterLinks), Ghazali, Z. B. M. (WaterLinks), Istandar, A. (WaterLinks), & Singh, S. (WaterLinks). (2008). The Manager's Non-Revenue Water Handbook Handbook: A Guide to Understanding Water Loses, 110. Retrieved from <http://www.waterlinks.org/system/resources/W1siZiIsIjIwMTUvMDUvMDYvM2ZzOHhpbmw1N19OUldfTWFuYWdlcl9zX0hhbmRib29rLnBkZiJdXQ/NRW Manager's Handbook.pdf?sha=0a5d7a95ad85dcfb>
- Fernandes, J. M. C. (2014). *Redução De Perdas Aparentes Em Sistemas De Abastecimento De Água.*
- Gerwen, R. van, Jaarsma, S., & Wilhite, R. (2006). Smart Metering. *Leonardo Energy*, 1(July), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2008.06.011>
- Gonçalves, R. M. P. (2013). *Evolução dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais.*
- Graser, A. (2012). QGIS: Introducing the Quantum GIS Ecosystem ~ GIS Lounge. Retrieved June 8, 2018, from <https://www.gislounge.com/introducing-the-quantum-gis-ecosystem/>
- Lambert, A. (2003). Assessing Non-Revenue Water and its Components: A Practical Approach. *The IWA Water Loss Task Force*, (2).
- Lédo, P. (1999). Combate ao Roubo de Água - Uma Experiência no Sistema de Guanambi. *20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro.*
- Loureiro, D. (2010). *Metodologias de Análise de Consumos para a Gestão Eficiente de Sistemas de Distribuição de Água.*
- Malheiro, R. M. G. (2011). *Controlo de Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água com Utilização de Telecontagem.*
- Marques de Oliveira, M. J. L. de C. (2013). *Otimização de Rotas de Leitura de Contadores como Parte Integrante do Processo de redução de Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água – Aplicação do Estudo à Cidade do Porto.*
- Martins, M. R. (2007). *Regulação económica no sector das águas - promoção da concorrência e sustentabilidade tarifária.*
- Medeiros, N., Loureiro, D., Migueiro, J., Coelho, S. T., & Branco, L. (2007). Concepção, instalação e exploração de sistemas de telemetria domiciliária para apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água. *I Conferência INSSAA - Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água*, (January 2015), 1–10.
- OECD. (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. Outlook.* <https://doi.org/10.1787/9789264122246-en>

- Oliveira, F. M. R. (2013). *Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água*.
- Pacheco, J. R. B. de M. (2010). *Perdas em Sistemas de Abastecimento Público de Água uma Nova Abordagem com Base na Telemedição de Consumos Domésticos*.
- Pato, J. H. (2016). *História das Políticas Públicas de Abastecimento e Saneamento de Águas em Portugal*. <https://doi.org/418542/16>
- PEAASAR II. (2007). *PEAASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007–2013. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional*. <https://doi.org/978-989-8097-00-2>
- PENSAAR 2020. (2015). *Uma nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais - Vol I. Pensaar 2020 (Vol. 1)*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Pereira, L. (2007). Avaliação da Submedição de Água em Edificações Residenciais Unifamiliares: O Caso das Unidades de Interesse Social Localizadas em Campinas. *Universidade Estadual de Campinas*.
- Pereira, M. (2012). Implementação e Monitorização de uma Zona de Medição e Controlo no Sistema de Abastecimento de Matosinhos.
- Pilcher, R., Hamilton, S., Chapman, H., Field, D., Ristovski, B., & Stapely, S. (2007). Leak Location and Repair. Guidance Notes. *Internacional Water Association*.
- Poças-Martins, J. (2014). *Management of Change in Water Companies in Search of Sustainability and Excellence*. (P. IWA, Ed.).
- RASARP. (2017). *Caraterização geral do setor de águas e resíduos*.
- Rizzo, A. (2006). Apparent Water Loss Control: Theory and Application. *Water Conference*, (May), 1–9. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Apparent+Water+Loss+Control+:+Theory+and+Application#0>
- Rizzo, A. (2007). Apparent Water Loss Control. *IWA Water21 Journal*,
- Rizzo, A., Vermersch, M., John, S. G. St., Micallef, G., Riolo, S., & Pace, R. (2007). Apparent Water Loss Control: The Way Forward. *IWA Water21 Journal*, ..., 1–5. Retrieved from <http://www.ariafrica.co.za/downloads/apparent-water-loss.pdf>
- Teixeira, D. C. M. L. (2013). *Análise de Eficiência de Empresas de Distribuição e Abastecimento de Água*.
- Teixeira, J. (2014). *Redução das Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água Através da Detecção e Controlo de Consumos Ilícitos*.
- UN. (2014). *The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy (Vol. 1)*. <https://doi.org/978-92-3-104259-1>
- Vieira, L. (2011). *Sistemas de Informação Geográfica como suporte à gestão de sistemas de abastecimento de água. O caso da freguesia de Meirinhas, Pombal*.
- Yaniv, S. (n.d.). Reduction of Apparent Losses Using the UFR.

ANEXOS

ANEXO A: CONSUMOS MÍNIMOS NOTURNOS

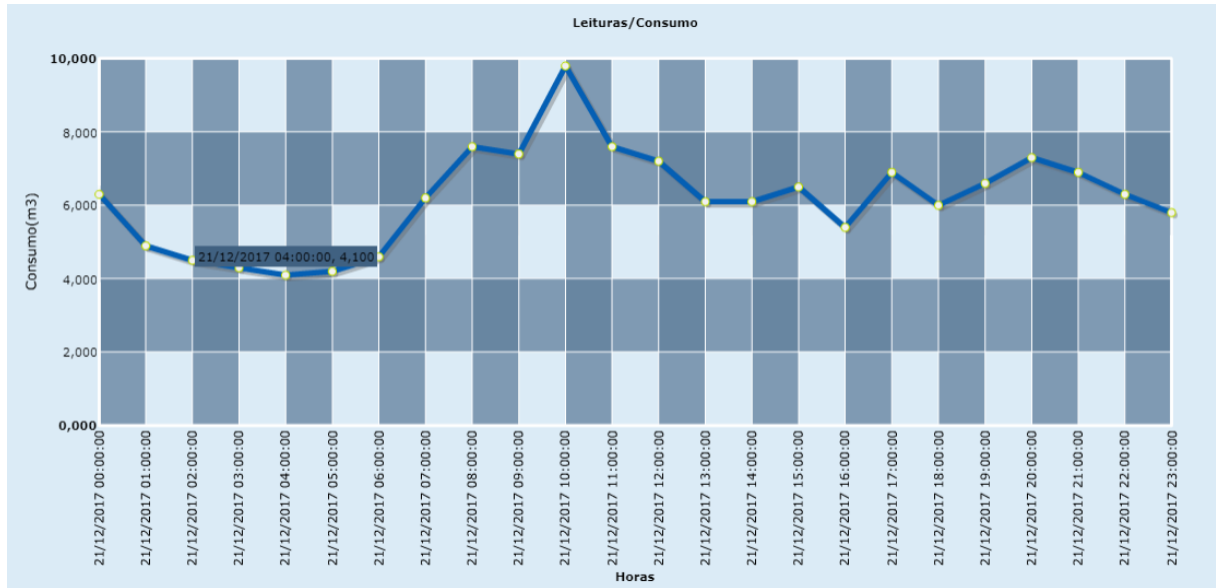


Figura A.1 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de dezembro

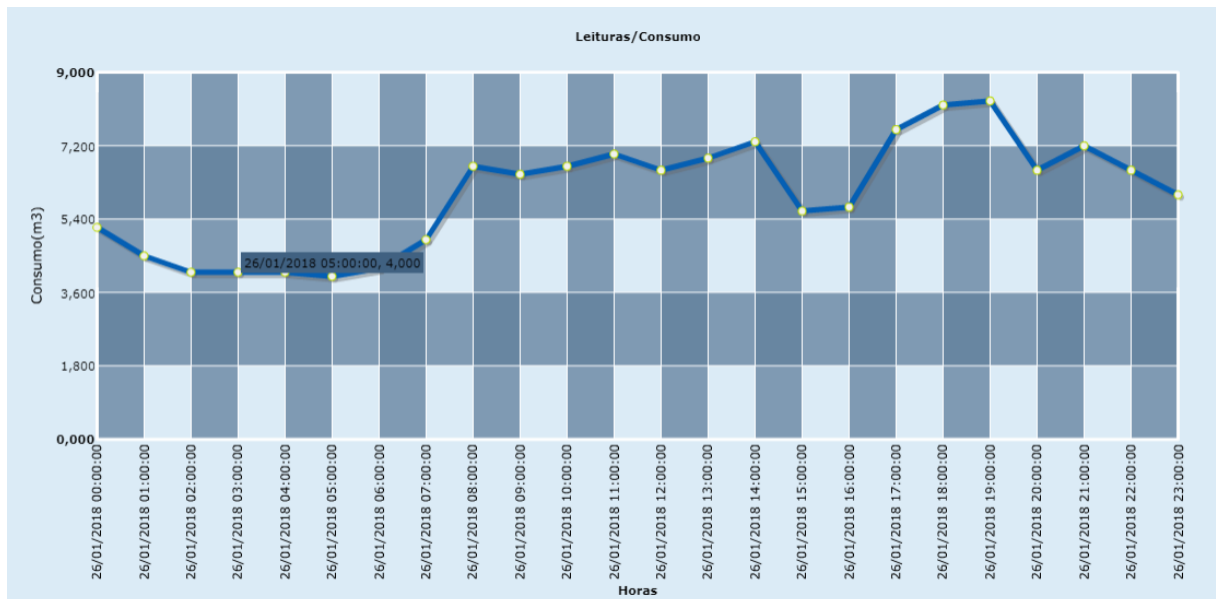


Figura A.2 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de janeiro

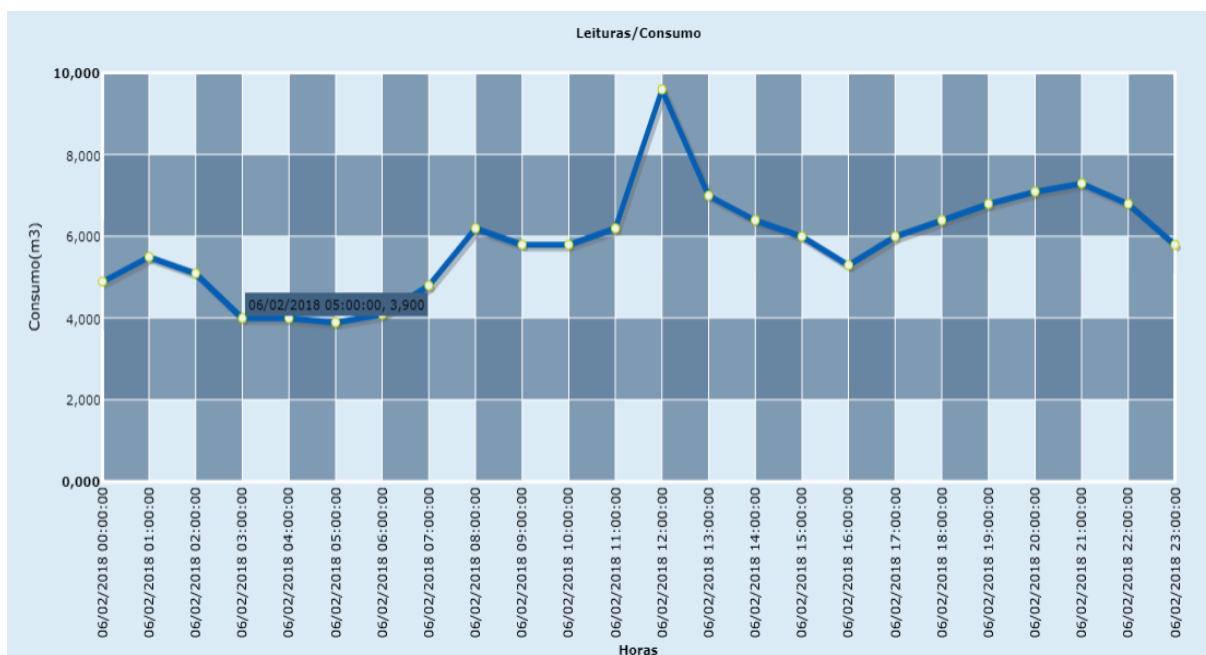


Figura A.3 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de fevereiro

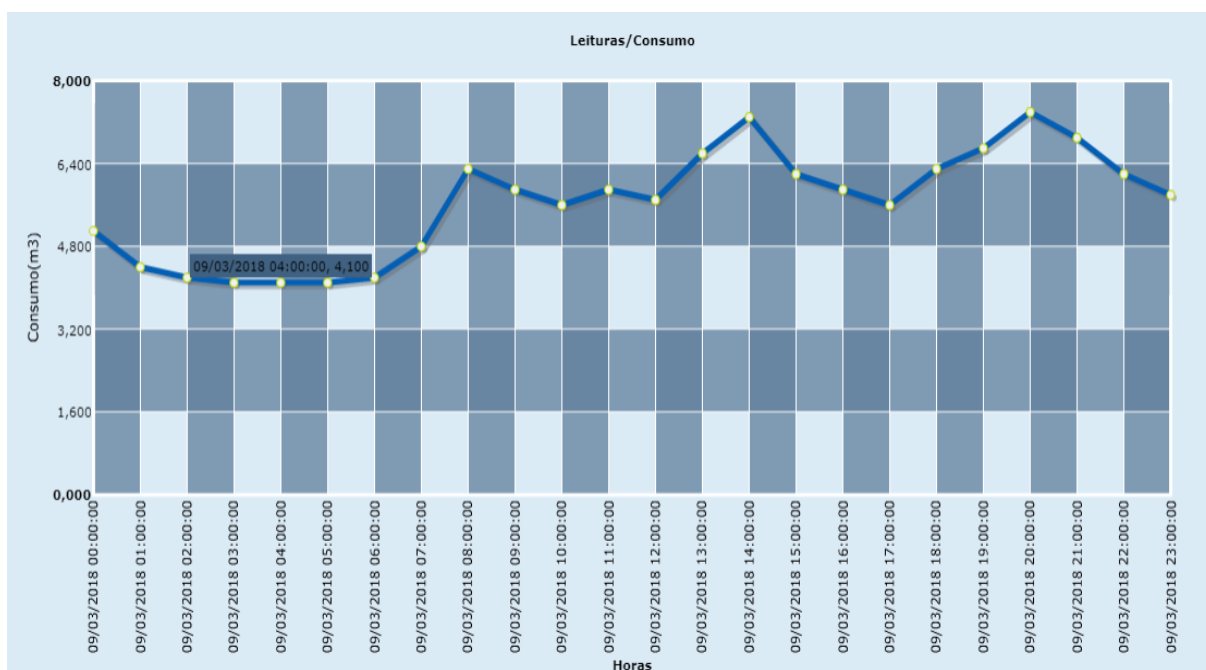


Figura A.4 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de março

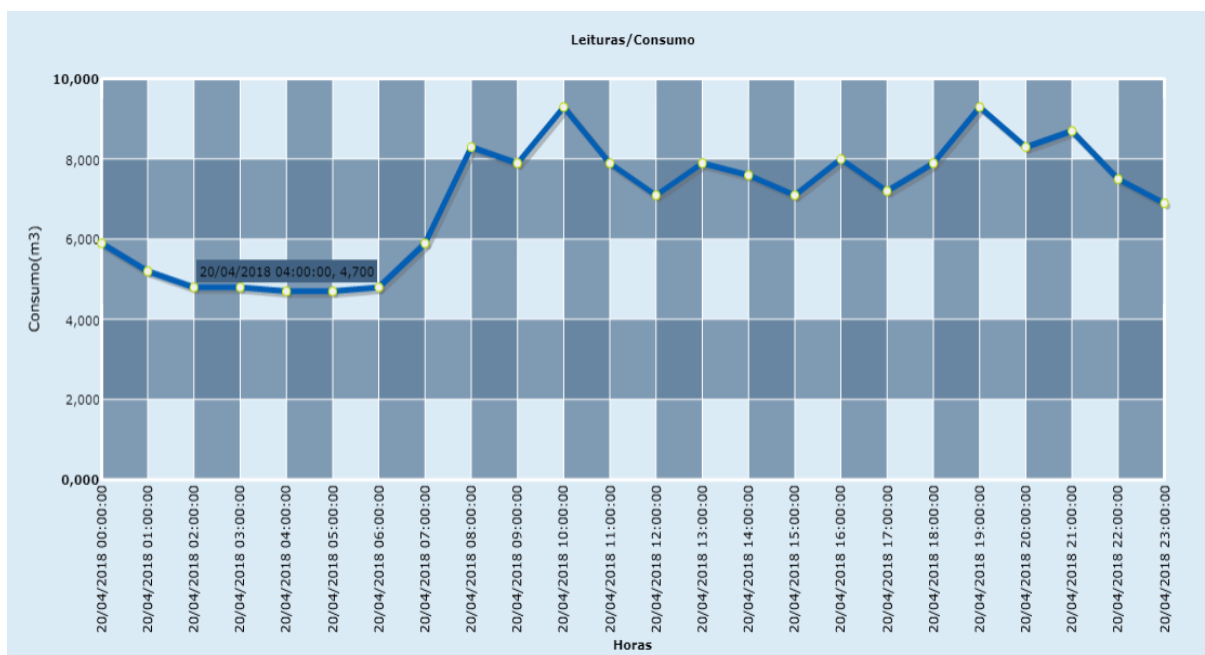


Figura A.5 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de abril

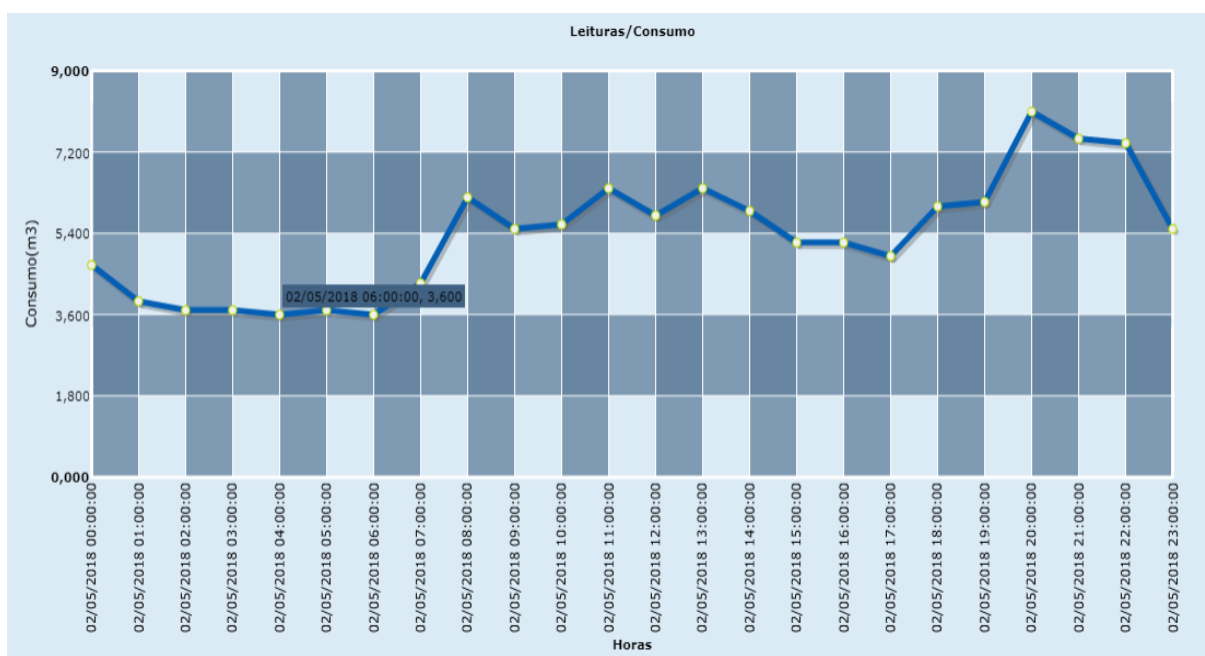


Figura A.6 - Verificação do consumo mínimo noturno no mês de maio

